

IAP20 Rec'd PCT/PTO 11 MAR 2006

明 細 書

焼結摺動材料、摺動部材、連結装置および摺動部材が適用される装置
技術分野

- [0001] 本発明は、高速・高温摺動、高面圧・低速摺動、高面圧・高速摺動などのような過酷な摺動条件下での耐焼付き性、耐摩耗性の向上などをねらいとした焼結摺動材料、摺動部材、連結装置および摺動部材が適用される装置に関するものである。

背景技術

- [0002] 従来、長期間の給脂間隔もしくは給脂無しで使用可能な軸受として、Cu系およびFe系の多孔質焼結合金中の気孔に潤滑油を含有させてなる含油すべり軸受が広く実用に供されている。ここで、Cu系およびFe系の多孔質焼結合金の選定に関しては、油潤滑状況、摺動速度、摺動面圧等の条件に応じて決められており、軽負荷で高速摺動条件では青銅系の含油すべり軸受が好適に利用され、高面圧で低速摺動条件ではFe-C, Fe-Cu, Fe-C-Cu系の含油すべり軸受が好適に利用されている（例えば、非特許文献1参照）。また一方で、高力黄銅や青銅製の軸受材料に固体潤滑剤である黒鉛片を規則的に配列し、その黒鉛片に潤滑油を含有させてなるすべり軸受も広く利用されている（例えば、オイレス工業社製；500SP）。他方、高面圧・低速摺動下での摺動特性の向上をねらいとした先行技術が例えば特許文献1～特許文献8によって提案されている。なおここで、前記非特許文献1においては、含油軸受に使用する潤滑油の選定について、低速・高荷重の場合には高粘度の潤滑油を選択し、逆に高速・軽負荷の場合には低粘度の潤滑油を選択するのが適当であり、一般的に焼結軸受の適性油は、非多孔質なすべり軸受に比べて油圧の逃げの減少が発生するために、全般的に高粘度側に寄っているといった内容が記載されている。
- [0003] 前記特許文献1においては次の内容が開示されている。600kgf/cm²以上の高面圧で、摺動速度が1.2～3m/minの範囲の摺動条件に使用する鉄系焼結体含油軸受が開示されており、その鉄系焼結体含油軸受に動粘度が240cSt～1500cStの潤滑油を含浸させたすべり軸受が開示されている。その鉄系焼結体として、気孔率が5～30体積%で、銅粉末と鉄粉末とからなる複合焼結合金を採用するとともに、

摺動面に対して浸炭、窒化または浸硫窒化処理を施すことが好ましい。

- [0004] また、前記特許文献2においては、鉄炭素合金基地中にマルテンサイトを含み、かつ銅粒子および銅合金粒子のうちの少なくとも一方が分散されてなる鉄基焼結合金が開示されており、その鉄基焼結合金の気孔中に、常温で半固体状態または固体状態で滴点60℃以上の極圧添加材もしくは固体潤滑剤を含む潤滑組成物を充填してなるすべり軸受が30MPa以上の面圧状態で良好なすべり軸受となることが開示されている。
- [0005] また、特許文献3においては、5〜30重量%のNi、7〜13重量%のSnおよび0.3〜2重量%のPを含有する銅合金粉末に、1〜5重量%のMoと1〜2.5重量%の黒鉛粉末とを混合した混合粉末を加圧焼結することで焼結銅合金が得られ、この焼結銅合金は自己潤滑性を有し、プレス機のウェアプレート等に使用されて好適であるといった内容が開示されている。
- [0006] また、特許文献4においては、マルテンサイトが存在する鉄炭素合金基地中にCu粒子またはCu合金粒子が分散され、Cuの含有量が7〜30重量%であるとともに、前記鉄炭素合金基地より硬質な相として特定の組成を有する合金粒子が5〜30重量%分散され、かつ気孔率が8〜30体積%であることを特徴とする含油軸受用耐摩耗性焼結合金が開示されている。そして、この含油軸受用耐摩耗性焼結合金においては、多量の軟質なCu粒子をマルテンサイト相中に分散させることによって馴染みを改善し、また基地のマルテンサイトより硬質な合金粒子を分散させることによって、基地の塑性変形を低減するとともに、滑り摺動時に基地合金にかかる負担を低減することで、高面圧下においても優れた耐摩耗性が得られるようにされている。なおここで、前記合金粒子として当該特許文献には、(1)Cが0.6〜1.7重量%、Crが3〜5重量%、Wが1〜20重量%、Vが0.5〜6重量%を含有するFe基合金粒子(高速度鋼(ハイス)粉末粒子)、(2)Cが0.6〜1.7重量%、Crが3〜5重量%、Wが1〜20重量%、Vが0.5〜6重量%、MoおよびCoの少なくとも一方が20重量%以下を含有するFe基合金粒子(高速度鋼(Mo, Coを含むハイス)粉末粒子)、(3)55〜70重量%のもMoを含有するMo-Fe粒子(フェロモリブデン)、(4)Crが5〜15重量%、Moが20〜40重量%、Siが1〜5重量%を含有するCo基合金粒子(肉盛り溶射用

耐熱耐摩耗性合金粉、キャボット社製、商品名コバメット)、などが列挙されている。

[0007] また、本出願人の文献である特許文献5においては、組織中に少なくとも β 相が分散した($\alpha + \beta$)二相組織、もしくは β 相組織からなるCu-Al-Sn系焼結摺動材料が開示されている。このCu-Al-Sn系焼結摺動材料は、その組織中に各種の金属間化合物等の硬質分散材、黒鉛等の固体潤滑材等が含有されてもよいことを特徴としている。更に例えば作業機連結装置に圧入される際の軸受剛性と圧入力が維持されるように、そのCu-Al-Sn系焼結摺動材料が鉄系の裏金の内周面に固定されて構成されるすべり軸受が開示されている。このすべり軸受は、従来の鉄炭素合金基地の軸受材料では達成できない、極めて遅い摺動速度(0.6m/min以下)で、かつ1200kgf/cm²までの高面圧下で好適に使用することができる。その理由は、前記Cu-Al-Sn系焼結摺動材料が、前述の特許文献4に係るマルテンサイトを含有する軸受材料と較べて軟質であり、また摺動相手部材(作業機連結ピンなど)との馴染みに性に優れるためである。

[0008] また、特許文献6においては、Snが4〜12重量%またはこれとPbが0.1〜10重量%を含有する青銅系または鉛青銅系の焼結摺動材料中に、Moを0.5〜5重量%またはFe-Moを0.5〜15重量%添加することにより、優れた潤滑性能、油に対する親和性、低摩擦係数および高耐摩耗性を具備する焼結摺動材料を得ることができるといった内容が開示されている。

[0009] 一般に、含油すべり軸受において、流体潤滑状態が達成されることは極めて稀な例である。とりわけ、極めて遅い摺動速度、高面圧条件下では、焼結材料中の気孔を通じた油圧の逃げによって軸受面(摺動面)における潤滑油の膜厚さがその軸受面の面粗さ程度またはそれ以下に薄くなり、多くの場合、固体摩擦(凝着)を伴った境界潤滑摺動条件となる。したがって、例えば油圧ショベル等の建設機械の作業機連結部において、面圧が300kgf/cm²以上で摺動速度が0.01〜2m/minの摺動条件下で使用されるすべり軸受(ブッシュ、スラスト軸受等)では、その耐焼付き性、耐摩耗性が当該すべり軸受の材料機能(組成と組織)によって大きく支配されることになる。

[0010] しかしながら、非特許文献1に係るCu系およびFe系の多孔質焼結合金材料では、

汎用的に用いられる含油すべり軸受の適用範囲が図16(非特許文献1、p337、図6・19「焼結軸受適用例」を引用)に示されている。この図16から明らかなように、摺動速度が0.01〜2m/minで面圧が300kgf/cm²以上の極めて遅い摺動速度、高面圧条件に前記多孔質焼結合金材料を適応できないという問題点がある。

- [0011] また、銅粉末と鉄粉末とからなる複合焼結合金に対して浸炭、窒化等の表面処理が施されてなる特許文献1に係る複合焼結合金材料、および気孔中に極圧添加材等が充填され、かつマルテンサイト組織を具備する特許文献2に係る鉄基焼結合金材料でも、やはり、極めて遅い摺動速度(0.01〜2m/min)においては十分な摺動性能が発揮されない恐れがあるという問題点がある。
- [0012] また、プレス機のウェアプレート等を使用して好適な自己潤滑性を有する特許文献3に係る焼結銅合金材料では、極めて遅い摺動速度および高面圧のために潤滑油膜が形成されにくい摺動条件下において、相手部材との局部的金属接触が起こりやすいことから、十分な耐焼付き性、耐摩耗性が得られ難いという問題点がある。さらに、当該焼結銅合金材料中に分散される黒鉛やMoS₂等の軟質な固体潤滑剤の添加量が2.5重量%を超えた場合、その強度が顕著に低下するという問題点もある。
- [0013] また、特許文献4に係る含油軸受用耐摩耗性焼結合金では、多量の軟質なCu粒子をマルテンサイト相中に分散させるとともに、基地のマルテンサイトよりも硬質な合金粒子を分散させることで、基地の塑性変形を低減するとともに、滑り摺動時に基地合金にかかる負担を低減するようにされている。しかし、一つの合金に軟質なCu粒子の分散と硬質な合金粒子の分散(5〜30重量%)とを共存させることには限界があることと、滑り摺動時に基地合金にかかる負担をその硬質合金粒子に集中させるために、耐凝着性を改善する効果が十分ではないという問題点がある。さらに、基地のマルテンサイトよりも硬質な自己潤滑性の無い合金粒子の多量の添加によって、摺動相手材料が凝着摩耗によって顕著にアタックされるとともに、摺動面の温度が上昇されて焼付き現象が生じ易くなるという問題点もある。さらにまた、当該含油軸受用耐摩耗性焼結合金を構成材とする軸受ブッシュは高価であるという問題点がある。なお、互いにすべり対偶を成す安価な摺動材料にて摺動機能の役割を分担させて、コストダウンや摺動性能の向上、メンテナンス性の改善等を図ることも検討されているが、

いまだ解決するには至っていない。

- [0014] また、本出願人の文献である特許文献5にて提案されているCu-Al-Sn系焼結摺動材料は、従来の鉄炭素合金基地の軸受材料では達成できない極めて遅い摺動速度(0.6m/min以下)で、かつ1200kgf/cm²までの高面圧下で使用可能な極めて優れた軸受材料ではあるものの、S系極圧添加剤入りのLiグリース塗布条件では耐焼付き限界面圧が800kgf/cm²程度に低下してしまい、サルファーアタック性(耐食性)が顕著になる潤滑状況によってその耐焼付き性が劣化し易いという問題点もある。
- [0015] また、特許文献1や特許文献2において開示されている潤滑性を改善する技術では、高粘度潤滑油や滴点60℃以上の潤滑組成物による摺動面の潤滑改善を実施した場合においても、境界潤滑下における金属接触摩擦とそれによる凝着は避けられず、開示例よりも高面圧・低速すべり速度においては十分な摺動特性を確保できないという問題点がある。
- [0016] また、例えば油圧ショベル等における作業機を0℃以下の低温で作動させ始めた場合においては、その動粘度が極めて高く、前述したような部分的な潤滑油膜による潤滑性能が期待されずに、金属接触摩擦による顕著な凝着が起こり易くなる。このことから、当該作業機の連結装置に用いられるすべり軸受として十分な機能を発揮することができないという問題点がある。
- [0017] なお、黒鉛等の軟質な固体潤滑剤を添加した前記潤滑物を積極的に利用した場合においては、多孔質な含油焼結軸受の気孔中に固体潤滑剤が侵入して多孔質毛细管を閉塞し、含油の効果を低下させることが多い。このため、給油間隔が長く、滴点の高い潤滑組成物を利用する場合においては、多孔質毛细管を閉塞しやすい固体潤滑剤の添加は避けることが望ましい。
- [0018] また、従来、軸受材料としての各種銅合金の選定に関しては、油潤滑状況、摺動速度、摺動面圧等の条件に応じて決められており、油中で使用される場合には比較的軟質な鉛青銅溶製材料(例えばLBC2-5)が用いられることが多い。しかし、高速・高温・油潤滑条件下で使用される例えばターボチャージャの浮動ブッシュ用摺動材料としては、高温摺動条件下での耐食性(サルファーアタック性)の観点から、Pbを

含有した快削黄銅系や高力黄銅系合金等が好適に利用されている(例えば、特許文献7参照)。その他、同浮動ブッシュ用摺動材料として、Al青銅系溶製材料の検討も成されている(例えば、特許文献8参照)。

[0019] また、高面圧・高速摺動条件下で使用される例えばエンジンメタルでは、鉛青銅系焼結ブッシュの摺動面にSn等の軟質金属によるオーバーレイ層を形成し、馴染み性を改善して流体潤滑性を向上させるようにされている。

[0020] また、油圧ポンプ／モータを構成する部品のうち、高面圧・高速条件下で摺動する部品(以下、「摺動部品」という。)では、鉛青銅が鋳包み法などで固定された材料が構成材として活用されている。とりわけ過酷な摺動条件下で使用される摺動部品では、例えば高力黄銅のような高強度で、耐焼付き性、耐摩耗性に優れた材料が構成材として活用されている(例えば、非特許文献2参照)。

[0021] しかしながら、例えばターボチャージャにおける浮動ブッシュの構成材として用いられて好適な特許文献7または特許文献8に係る鉛青銅系材料や鉛を含有する高力黄銅系、青銅系摺動材料に対する近年の要求は、より高速、高温摺動下での耐焼付き性と耐摩耗性の向上にあるとともに、ターボチャージャの始動時等の潤滑条件が悪い条件下にあっても、優れた耐焼付き性、耐摩耗性および耐食性を発揮することが望まれている。しかし、これら摺動材料では、(1)摺動面近傍においてPb溶出後のPb欠乏層が形成されること(図28(a)ー(c)参照)、また(2)ターボチャージャの稼動を停止させた後においても、タービンからの熱伝導によって軸受部の温度が400℃前後の高温になり、このため摺動面につながるPb痕に潤滑油中のSとの反応によって形成されるCuSやスラッジが堆積される層が形成される(図29(a)ー(c)参照)。このために、Pbによる潤滑能が低下して、耐焼付き性、耐久性(寿命の延長化)に対する本質的な改善ができないという問題点がある。さらに、近年の環境問題の観点から、材料中に多量のPbが含まれるのは好ましくないという問題点もある。

[0022] また、油圧ポンプ／モータにおいては、近時、高圧力化やコンパクト化の傾向にあるため、当該油圧ポンプ／モータを構成する摺動部品に対して、耐焼付き性および耐摩耗性の向上が望まれている。しかし、非特許文献2に係る従来の鉛青銅、青銅、黄銅系の摺動材料では、高出力化やコンパクト化を図る上での強度、耐焼付き性、

耐摩耗性の点で不十分であるという問題点がある。

- [0023] また、特許文献6に係る焼結摺動材料には、青銅合金相を母相として摺動面積に占める5面積%以下もしくは15面積%以下のFe-55〜70重量%Mo(フェロモリブデン相)が形成されている。このフェロモリブデン相による潤滑機能だけでは、前述の作業機連結部のような極めて遅い摺動速度・高面圧条件下または前述のターボチャージャー用浮動ブッシュのような高温・高速摺動条件下において、相手部材との局所的な金属接触による凝着部の形成が十分に防止されずに凝着摩耗が進行し、耐馴染み性、耐焼付き性および耐摩耗性が十分に達成されないという問題点がある。また、硬質なMoFe(フェロモリブデン)粒子が摺動相手材料に対して顕著にアタックするという問題点がある。なお、Moの添加量を5重量%以上とすることで摺動特性を改善できることが考えられるが、この場合、当該焼結摺動材料の組織強度を低下させてしまうという新たな問題が生じてしまう。さらに、Pb, Moの添加量から、前述のPb流出による凝着防止、並びにMoによる凝着防止が十分に図られないという問題点もある。

- [0024] 特許文献1:特許第2832800号公報
特許文献2:特開平10-246230号公報
特許文献3:特公平6-6725号公報
特許文献4:特開平8-109450号公報
特許文献5:特開2001-271129号公報
特許文献6:特開平7-166278号公報
特許文献7:特公平5-36486号公報
特許文献8:特開平5-214468号公報
非特許文献1:日本粉末冶金工業会編著「焼結機械部品―その設計と製造―」株式会社技術書院、昭和62年10月20日発行、p. 327-341
非特許文献2:日本非鉄金属鋳物協会編集「銅合金鋳物のエンジニアリング・データブック」素形材センター、昭和63年7月30日発行、p. 134-P155
発明の開示
発明が解決しようとする課題

[0025] 前述の作業機連結装置のように高面圧・低速摺動や揺動などの極めて厳しい摺動条件下で使用される摺動材料や高速・高温摺動や高面圧・高速摺動下で使用される摺動材料については、その摺動材料の耐焼付き性、耐摩耗性、低摩擦性、耐馴染み性などの各種の特性を良く検討することが大切である。

[0026] 本発明は上記のような事情を考慮してなされたものであり、その目的は、高面圧・低速摺動や揺動などの極めて悪い潤滑条件下での耐焼付き性、耐摩耗性に優れる焼結摺動材料、摺動部材および連結装置を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、高速・高温摺動や高面圧・高速摺動下においても摺動時の馴染み性に優れて良好な耐焼付き性、耐摩耗性を示す焼結摺動材料、摺動部材およびそれが適用される装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0027] 前記課題を解決するにあたり、本発明者らは、Mo金属もしくはMo合金相が、1) Fe等との凝着時に発生する熱に対して強い耐力を有するとともに化学的にもFe等との合金化が起こり難い、2) 潤滑油に含有されるSや雰囲気中の O_2 との反応によって摺動面に潤滑性に富んだ皮膜(MoS_2 , MoO_3)が形成され易い、3) 相手材料に対するアタック性が極めて少ない、などの特性を有することに着目し、Moを主体とする多孔質材料を摺動材料として用いれば極めて良好な摺動特性を得ることができることを知見して、本発明を完成するに至った。

[0028] さらに、Moを主体とする焼結摺動材料とほぼ同じ摺動特性を確保しつつコストダウンを図るために、MoをCu, Cu合金, Ni, Ni合金の1種以上で置き換えることを見出した。この場合のMo系摺動材料としての特性を発現するMo量としては、5重量%以上で、より好ましくは10重量%以上であることを明らかにした。

[0029] 要するに上記課題を解決するために、本発明に係る焼結摺動材料は、CuまたはCu合金が10～95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなることを特徴とするものである。

[0030] 本発明に係る摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、前記焼結摺動体は、CuまたはCu合金が10～95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなることを特徴と

する。

[0031] また、本発明に係る摺動部材において、前記裏金は、すべり軸受の軸受裏金、回転体を支持する軸受軸の基材、および球面ブッシュの基材のいずれかであることも可能である。

[0032] 本発明に係る摺動部材は、裏金鋼板に固定された焼結層と、
前記焼結層に潤滑組成物、潤滑性樹脂、および固体潤滑剤と樹脂からなる固体潤滑複合材のうち少なくとも一つを充填しつつライニングして形成された摺動面層と、を具備し、

前記焼結層は、Snが5〜20重量％含有される青銅合金が10〜95重量％含有され、残部がMoを主体とする混合粉末を前記裏金鋼板に散布して焼結接合することにより固定されたものであることを特徴とする。

[0033] また、前記課題を解決するにあたり、本発明者らは、Mo金属もしくはMo合金相が、1)例えば前述のターボチャージャ装置において、稼動停止後におけるタービンからの熱伝導によって軸受温度が約400℃になり、このような時に再稼動した場合でもFe等との凝着時に発生する熱に対して強い耐力を有するとともに化学的にもFe等との合金化が起こり難い、2)潤滑油に含有されるSや雰囲気中の O_2 との反応によって摺動面に潤滑性に富んだ皮膜(MoS_2 , MoO_2)が形成され易い、3)相手材料に対するアタック性が極めて少ない、などの特性を有することに着目し、Mo金属もしくはMo合金相粒子を適正に分散させた銅合金系焼結材料やMoを主体とする高密度な焼結材料を摺動材料として用いれば極めて良好な摺動特性を得ることができることを知見して、本発明を完成するに至った。

[0034] 要するに前記課題を解決するために、本発明に係る焼結摺動材料は、MoまたはMoにCu、Ni、FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量％以下含有させたMo合金からなる気孔率が10〜40体積％の多孔質焼結体の気孔中には、潤滑油または潤滑油およびワックス類からなる潤滑組成物が充填されていることを特徴とするものである。

[0035] また、本発明に係る焼結摺動材料は、MoまたはMoにCu、Ni、FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量％以下含有させたMo合金からなる気孔率が

10〜40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、Pb, Sn, Bi, ZnおよびSbからなる群から選ばれる1種以上が主体となり、融点が450℃以下に調整された低融点金属もしくはその合金が充填されていることを特徴とするものである。

[0036] 本発明に係る焼結摺動材料は、Moが5〜75重量%含有し、Snが5〜20重量%含有する青銅合金相からなり、かつ相対密度が90%以上の青銅合金-Mo系焼結体からなることを特徴とする。

[0037] 本発明に係る焼結摺動材料は、Mo粉末成形体の焼結とともに青銅合金系溶浸剤が溶浸されて形成され、かつMoが35〜75重量%含有する青銅合金-Mo系焼結体からなることを特徴とするものである。

[0038] 本発明に係る摺動部材は、焼結摺動体を有する摺動部材であって、前記焼結摺動体は、MoまたはMoにCu、Ni、Fe、Coおよびそれらの合金を10重量%以下含有させたMo合金からなる気孔率が10〜40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、Pb, Sn, Bi, ZnおよびSbからなる群から選ばれる1種以上が主体となり、融点が450℃以下に調整された低融点金属もしくはその合金が充填されていることを特徴とする。

[0039] 本発明に係る摺動部材は、焼結摺動体を有する摺動部材であって、前記焼結摺動体は、Moが5〜75重量%含有し、Snが5〜20重量%含有する青銅合金相からなり、かつ相対密度が90%以上の青銅合金-Mo系焼結体からなることを特徴とする。

発明の効果

[0040] 以上説明したように本発明によれば、高面圧・低速摺動や揺動などの極めて悪い潤滑条件下での耐焼付き性、耐摩耗性に優れる焼結摺動材料、摺動部材および連結装置を提供することができる。

また、他の本発明によれば、高速・高温摺動や高面圧・高速摺動下においても摺動時の馴染み性に優れて良好な耐焼付き性、耐摩耗性を示す焼結摺動材料、摺動部材およびそれが適用される装置を提供することができる。

発明を実施するための形態

[0041] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

(第1の実施形態)

図1(a)は、本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルの全体を示す斜視図であり、図1(b)は、バケット連結部を説明する分解斜視図である。図2は、本発明の第1の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造を説明する断面図である。図3(a)は、作業機ブッシュの構造を説明する断面図であり、図3(b)は、スラスト軸受の構造を説明する断面図である。

[0042] 図1(a)に示すように、本実施形態に係る油圧ショベル1の作業機2は上部旋回体3を備えており、上部旋回体3はブーム連結装置7によってブーム4に連結されている。ブーム4はアーム連結装置8によってアーム5に連結されており、アーム5はバケット連結装置9によってバケット6に連結されている。これら連結装置7, 8, 9は、基本的には同一の構造とされており、例えばバケット連結装置9は、図1(b)に示すように、主に作業機連結ピン10および作業機ブッシュ11を備えて構成されている。以下にアーム5とバケット6との連結部に配されるバケット連結装置9Aの詳細構造について図2を参照しつつ説明する。

[0043] 図2に示すように、前記バケット連結装置9Aは、バケット(一方側の機械構成要素)6と、このバケット6に形成されたブラケット6a、6aに支持される作業機連結ピン(支持軸)10およびその作業機連結ピン10に外嵌される作業機ブッシュ(軸受ブッシュ)11、11を介して配されるアーム(他方側の機械構成要素)5とを、互いに回転可能に連結し、かつバケット6とアーム5との間に作用するスラスト荷重を受支するスラスト軸受12, 12を備えて構成されている。このバケット連結装置9Aにおいて、作業機ブッシュ11はアーム5の先端部に圧入され、作業機連結ピン10はブラケット6aにピン固定用通しボルト13によって固定されている。なお、符号14で示されるのは、シール装置である。また、符号15および16で示されるのは、それぞれ潤滑剤供給口および潤滑剤供給路である。

[0044] 前記作業機連結ピン10は、軸機能を有する鋼製の基材(本発明における「裏金」に対応する)17と、この基材17に固定される本発明に係る焼結摺動材料18で形成される摺動面19, 19とを備えている。この作業機連結ピン10においては、前記摺動面19, 19が、前記ブラケット6aに対する当該作業機連結ピン10の被支持面部位に配

されている。

[0045] また、前記各作業機ブッシュ11は、図3(a)に示すように、円筒状の基材(本発明における「裏金(軸受裏金)」に対応する)20と、この基材20の内周面に固定される本発明に係る焼結摺動材料21で形成される摺動面22とを備えている。この作業機ブッシュに11において、前記基材(裏金)20は、多孔質Fe系焼結材料から形成されていることが好ましい。

[0046] また、前記各スラスト軸受12は、図3(b)に示すように、鋼製の中空円板状の基材(本発明における「裏金」に対応する)23と、この基材23の表面に固定される本発明に係る焼結摺動材料24で形成される摺動面25とを備え、バケット(回転体)6からアーム5に付与されるスラスト荷重をすべり接触で受支するすべり軸受機能を付与されている。

[0047] 次に、焼結摺動材料の詳細について説明する。

焼結摺動材料は、CuまたはCu合金が10～95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなるものである。この焼結摺動材料によれば、高面圧・低速摺動や揺動などの極めて悪い潤滑条件下での耐焼付き性、耐摩耗性に優れる摺動材料を得ることができる。また、CuまたはCu合金を用いることにより、所望の摺動性能と剛性を低コストにて兼備させることができる。

[0048] また、前記焼結摺動材料を鋼や鋳鉄製の裏金に焼結接合する場合には、Al、TiおよびSiの1種以上を添加することが好ましい。

[0049] また、前記焼結摺動材料においては、Cu合金の液相焼結過程において高密度化を図っていることから、焼結接合によって当該焼結摺動体を裏金に固定することが最も簡便で好ましい方法である。特に、5重量%以上のMoを含有する鉛青銅合金の焼結摺動体においては、Tiを少量添加することにより、その焼結接合性を顕著に改善でき、その焼結密度を $8.2\text{gr}/\text{cm}^3$ 以上(相対密度90%)にまで緻密化することができ、焼結摺動材料を高強度化することができる。また、これにより、裏金材として安価な黒鉛が分散した鋳鉄を利用することができるという利点がある。

なお、相対密度は、真密度に対する焼結摺動体の密度(焼結密度)の割合であって、真密度は焼結摺動体を溶製材として作成した場合の密度で代用できる。

- [0050] 前記焼結摺動材料において、前記焼結体は、Mo成形体の焼結と共にCuまたはCu合金が溶浸されてなるものであって、Moが35〜75重量%含有され、かつその気孔率が7体積%以下であることが好ましい。
- [0051] また、前記焼結摺動材料において、自己潤滑性を高める固体潤滑剤を含有させる場合、軟質な固体潤滑剤の粒子径はMo粉末の粒子径の5倍程度に調整して、焼結後の固体潤滑剤への応力集中を軽減しその強度改善を図ることが必要であり、このため前記Mo成形体は平均粒径が $10\mu\text{m}$ 以下のMo粉末で構成され、さらに平均粒径が $30\mu\text{m}$ 以上の黒鉛、 MoS_2 、BN、 CaF_2 等の固体潤滑剤が5〜60体積%含有されているのが好ましい。なお、固体潤滑剤による自己潤滑性は5体積%以上の含有量で確認され始めるが、より十分な自己潤滑性を得るためにはその含有量を10体積%以上にするのが良い。また、固体潤滑剤の含有量の上限を60体積%としたのは、強度劣化の問題を未然に防ぐためである。またさらに、前記焼結摺動材料の耐摩耗性を向上させる場合には、平均粒径 $1\sim 50\mu\text{m}$ の硬質粒子が0.2体積%以上で10体積%以下の範囲で含有されていることが好ましく、ビッカース硬さがHv1000以上を越える硬質粒子は、相手摺動材料を摩耗させないように(アタック性)その平均粒径を $10\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下に調整されることとする。
- [0052] また、前記焼結摺動材料の裏金への固定に関しては、Mo成形体の焼結とともにCu-Sn系合金を溶浸焼結する際の溶浸によって裏金に接合(溶浸接合)するのが好ましい。
- [0053] また、前記焼結体中のCu合金相は、Snが5〜20重量%含有され、さらには0.2〜5重量%のTi、0.2〜14重量%のAl、0.2〜15重量%のPb、0.1〜1.5重量%のP、0.1〜10重量%のZn、0.1〜10重量%のNi、0.1〜5重量%のCo、0.1〜10重量%のMnおよび0.1〜3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されていることが好ましい。これにより、焼結性、溶浸性、耐サルファーアタック性および強度を更に向上させることができる。
- [0054] 上述した焼結摺動材料は、摺動面に作用する面圧が $300\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上で、かつすべり速度が $2\text{m}/\text{min}$ 以下の摺動条件で使用することが可能である。
- [0055] 前記焼結摺動材料の摺動面19, 22, 25に穴や溝等の凹部が形成されるとともに、

その凹部に、潤滑油とワックス類からなる潤滑性組成物、潤滑性樹脂、固体潤滑剤、および固体潤滑剤とワックス類からなる潤滑性組成物のうちのいずれかが充填されているのが好ましい。これにより、給脂間隔を画期的に延長することができるとともに、使用される焼結摺動材料の節約によってコストの削減を図ることができる。

[0056] 前記焼結摺動材料をバケット連結装置9Aに適用する場合の含油用潤滑油に関しては、とりわけ、制約があるものではないが、より耐熱性と低温流動性に優れた合成潤滑油(例えば、小西誠一、上田 亨著「潤滑油の基礎と応用」コロナ社、1992年1月20日発行、p. 307-338)を使うことが好ましい。さらに、同作業機連結装置のように、面圧が $300\sim 1000\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、摺動速度 $0.1\sim 2.0\text{m}/\text{min}$ の条件下では、 500cSt 以上に調整されることが好ましい。本実施形態においては、より低摺動速度の場合における潤滑油の流動性を配慮して、(1)その潤滑油はより低粘度で、しかも摺動時のスラッジやコーキングの発生を抑えて摺動面に油膜を形成し易くすることが重要であること、(2)低粘性であることによって気孔中からの過剰な流出をより積極的に防止すること等の条件を達成するために、潤滑油としては低粘度で、かつ耐熱性に優れたポリオールエステル油等の合成油を使用することが好ましい。それらの合成油に対して $0.5\sim 20$ 重量%未満のワックス類(パラフィンワックス、マイクロクリスタリンワックス、カルナバワックス等)、12ヒドロキシステアレート、油ゲル化剤(例えば、味の素社製;GP1)、リチウムステアレート等の金属石鹸混合物を溶解し、室温においては潤滑油とワックス部が固/液共存状態(半固体状、ゲル状態)の潤滑剤混合物とすることが好ましい。また、Mo系摺動材料においてS系極圧添加剤の添加が好ましいことは前述した通りである。なお、Mo系摺動材料が、前述のように本質的な耐焼付き性に優れた材料であることから、潤滑剤としては、単なるパラフィンワックス、ポリエチレンワックス、各種アミド系合成ワックスやナイロン、PTFE等の潤滑性樹脂材料などであっても良い。

[0057] 本実施形態によれば、作業機ブッシュ11の摺動面22が本発明に係る焼結摺動材料21で形成されるので、高面圧・低速摺動のような過酷な摺動条件下で用いられて好適な連結装置とすることができる。また、作業機ブッシュ11の基材(裏金)20が、潤滑油または潤滑組成物を多量に貯蔵できる多孔質Fe系焼結材料とされているので、

摺動面22への潤滑油の供給を長期間に亘り安定化させることができ、給脂間隔を定期的に延長することができる。また、作業機連結ピン10の被支持面部位に、本発明に係る焼結摺動材料18で形成される摺動面19が配されているので、当該作業機連結ピン10に大荷重が作用した際にその作業機連結ピン10の回転微動や撓みなどによって前記ブラケット6aと作業機連結ピン10の被支持面部とが擦れたとしても、不快感を伴うような異音の発生を未然に防ぐことができる。

[0058] なお、本実施形態において、前記作業機連結ピン10に固定される焼結摺動材料18は、多孔質体、高密度体のいずれかであれば良いが、より耐摩耗性を高める観点から高密度(相対密度90%以上)であることが好ましく、更にW, Ti, Cr, Mo, V等の1種以上からなる炭化物、 Fe_3P (磷鉄化合物)やNiAl, CaF_2 などの硬質粒子を当該焼結摺動材料18中に分散させるのが好ましい。

また、前記作業機連結ピン10は、高周波焼入れ焼戻しや浸炭焼入れ焼戻しなどの熱処理が施されて高強度化を図ることが必要であることが多い。また、前記焼結摺動材料18を硬質化する場合においては、その焼結摺動材料18の基材17への密着性が悪くなることが危惧されるが、この場合、その基材17に予め青銅系焼結材料等による下地焼結層を形成しておくのが好ましい。

[0059] (第2の実施形態)

図4は、本発明の第2の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造を説明する断面図である。なお、本実施形態のバケット連結装置9Bにおいて、作業機連結ピンおよび作業機ブッシュの構成が異なること以外は、その基本構成は第1の実施形態と同様である。したがって、以下、本実施形態に特有の部分のみについて説明することとし、第1の実施形態と共通する部分については図に同一符号を付すに留めてその詳細な説明を省略する。

[0060] 本実施形態の作業機連結ピン26は、軸機能を有する鋼製の基材(本発明の「裏金」に対応する)27と、この基材27に固定される本発明に係る焼結摺動材料28で形成される摺動面29とを備え、この摺動面29が、少なくとも前記ブラケット6aに対する当該作業機連結ピン26の被支持面部位、および作業機ブッシュ30とのすべり接触面のそれぞれに配されて構成されている。

[0061] 一方、作業機ブッシュ30は、硬質な鉄系焼結含油軸受材料を主体として、少なくとも摺動面とされる内側表層部が多孔質なFe-C系、Fe-C-Cu系またはCu-Sn系合金の焼結摺動材料で構成され、かつその焼結摺動材料における気孔中に潤滑油等の潤滑組成物が充填されて構成されている。

[0062] 本実施形態によれば、作業機連結ピン26に摺動機能の一翼を担わせるようにされているので、当該作業機連結ピン26の摺動相手として比較的安価な作業機ブッシュ30を採用することができ、低コスト化を図ることができる。

また、作業機ブッシュ30が、潤滑油または潤滑組成物を多量に貯蔵できる含油焼結材料から構成されるので、摺動面29への潤滑油の供給を長期間に亘り安定化させることができ、給脂間隔を画期的に延長することができる。

さらに、本実施形態においては、作業機ブッシュ30と比較して一般に取り外しが容易な作業機連結ピン26に摺動機能の一翼を担わせるようにされているので、摺動機能が低下した際にその作業機連結ピン26を新品のそれと交換または摩耗した部分に前記焼結摺動材料28を固定して補修し再利用することで摺動機能の回復を容易に図ることができる。したがって、メンテナンス性を著しく向上させることができる。なお、本実施形態の作業機ブッシュ30として、より耐焼付き性に優れた既知の多孔質摺動材料からなるものであっても良い。

[0063] なお、第1の実施形態および第2の実施形態におけるそれぞれの作業機連結ピン10, 26に対して、図5(a)に示されるような潤滑油供給路31や、同図(b)に示されるような潤滑油貯留部32を形成するのが、軽量化や潤滑性能の長期維持の観点から好ましい。

[0064] また、第1の実施形態および第2の実施形態において、前記各焼結摺動材料18, 21, 24, 28の各基材17, 20, 23, 27への固定の手段としては、かしめ、圧入、嵌合、クリンチ結合、焼結接合、焼結溶浸接合、接着、ボルト締結、ろう付け等が挙げられる。

なお、一般に作業機連結ピン10, 26においては、高周波焼入れ焼戻しや浸炭焼入れ焼戻しなどの熱処理が施され、高強度化を図る必要があることが多い。このため、熱処理済みの基材17, 27に各焼結摺動材料18, 28を固定する場合、その固定

の手段としては、強度劣化を避ける観点から、かしめ、圧入、嵌合、クリンチ、接着、ボルト締結、ろう付け等が好ましい。

一方、各焼結摺動材料18, 28を基材17, 27に固定した後に作業機連結ピン10, 26に対して前記熱処理を施す場合、その固定の手段としては、焼結接合、溶浸接合、ろう付け等が好ましく、また熱処理時の加熱工程で焼結接合、溶浸接合、ろう付け等を実施した後にA1温度〜900℃の適切な温度に降温して焼入れ処理を施すことがより好ましい。

[0065] また、前記各焼結摺動材料18, 21, 24, 28の歩留りを高めるために、穴明き材(図6(a)参照)を固定することも良いが、例えば、作業機連結ピン10, 26においては当該作業機連結ピン10, 26に作用する面圧に応じて固定する面積を最適化することも好ましい。なお、前記各焼結摺動材料18, 21, 24, 28を作製する際に成形されるMoを主体とした薄肉円筒状の成形体を製造する方法としては、微細なMo粉末を原料とすることから(後の実施例にて詳述する)、原料粉末に有機系潤滑剤をその原料粉末に対して2〜8重量%を添加してなる造粒粉末をプレス成形する方法、有機系潤滑剤を原料粉末に対して6〜12重量%添加した混練原料を射出成形もしくは押出し成形する方法、液体媒体にMo粉末を分散させて成形する混漿法などが好適な例として挙げられる。

[0066] また、前記各作業機連結ピン10, 26の摺動面層は、多孔質体、高密度体のいずれであっても良いが、作業機連結ピン10, 26を複層化する場合には、その摺動面層を厚くすることが不利になることが多いので、その耐摩耗性を高める点から、前記各焼結摺動材料18, 28を、相対密度が90%以上の高密度体とするのが好ましい。なお、この場合、焼結摺動材料18, 28としては、10〜80重量%のMoを含有するMo-Cu合金系の焼結材料、Mo焼結体にCu合金を溶浸してなる焼結材料などが経済的に好ましく、また耐摩耗性を高める観点から例えば Fe_3P (磷鉄化合物)や TiC , NiAl , W , CaF_2 などの硬質粒子を分散させてなる焼結材料が好ましい。また、市販の高密度高純度なMo焼結材料(板)をその前記固定手段で利用することも良いが、予め上記耐摩耗性を改善した焼結摺動材料を適用することが好ましい。

[0067] また、前記作業機ブッシュ30としては、従来のような内周面が熱処理で硬化され、

グリース潤滑溝が形成された鋼製の作業機ブッシュであっても給脂間隔を延長できるが、給脂間隔をより延長することと耐焼付き面圧を高める観点からは、当該作業機ブッシュ30の内周面に形成される摺動面層が少なくとも多孔質な焼結摺動材料であって、その気孔中に潤滑油等の潤滑組成物が充填されていることが好ましい。この場合においては作業機ブッシュ30の本体部分が硬質なマルテンサイト相が形成される鉄系焼結含油軸受材料であることが経済的に好ましい。

[0068] また、前記作業機ブッシュ11において、図3(a)に示されるように焼結摺動材料21を円筒状の基材(裏金)20に固定する理由は、当該作業機ブッシュ11がアーム5の先端部に圧入して使用される際に、当該作業機ブッシュ11がアーム5の先端部から抜け出さないようにするための保持力を確保する上で、当該作業機ブッシュ11に所定の剛性が必要とされるからである。実際に用いられる作業機ブッシュ11は5〜15mm程度の圧肉な形状を必要とし、これら全体を焼結摺動材料21で作製した場合には顕著なコスト高となってしまう。この剛性確保と経済性の観点から、円筒状もしくは略円筒状の剛性裏金(基材)20の内周面に前記焼結摺動材料21を固定した作業機ブッシュ11が好ましい。

[0069] また、微細なMo粉末(10 μ m以下)が用いられてなる焼結体にて前記各焼結摺動材料18, 21, 24, 28, を作製すると、その焼結体中に形成される気孔が少なくとも3 μ m以下に微細化され、その気孔中に潤滑油を充填する際の浸透力が従来の鉄系焼結含油軸受材料のそれよりも大きくなり、摺動時の潤滑油の流出を顕著に低減(約1/5)することができる。これにより、給脂間隔を延長化することが容易になる。ここで、気孔率を10〜40体積%に調整し、さらに強度低下を改善する必要がある場合には、微細なMo酸化物や微細なCu, Ni, Co, Ti, Pb, Sn, Si粉末を10重量%以下の範囲で添加して、焼結密度と焼結材料強度を調整することが好ましい。

[0070] 図6(a)〜(d')は、第1の実施形態における作業機ブッシュの他の態様例を表わす構造を説明する図である。なお、図6(a)〜(d')において、第1の実施形態における作業機ブッシュ11の構成要素と基本的に同様の機能を有するものについては同一符号が付されている。

[0071] 第1の実施形態における作業機ブッシュ11のように基材(裏金)20を多孔質な鉄系

焼結材料で構成すること以外に、安価にブッシュの含油量や潤滑組成物を増やす手段としては、摺動面部位に穴や溝等の凹部が形成されるように焼結摺動材料を鋼製裏金に固定して潤滑組成物を貯蔵できる構造とすること(図6(a)(b)参照)、または焼結摺動材料からなる小片を多孔質な銅系焼結摺動材料中に分散させて鋼製裏金に固定させた構造とすること(同図(c)参照)、などが挙げられる。ここで、後者の手段に係る作業機ブッシュ22Cにおいては、焼結摺動材料21Cからなる小片が直接裏金20Cに接合しないように多孔質な銅系焼結摺動材料M中に分散されるように(同図(c)のP部詳細図を表わした同図(d)(d')参照)焼結接合されてなる複層摺動部材に対して、その複層摺動部材における焼結層が内周面となるように丸曲げ加工を施すといった巻きブッシュ製造方法にて作製すると、より安価なものとすることができる。なお、焼結層が外周面となるように丸曲げ加工を施す所が異なること以外は基本的に先の巻きブッシュ製造方法と同様の巻きブッシュ製造方法にて作製された巻きブッシュを、連結ピンに前述した固定の手段にて固定してなる複層連結ピンが、前記作業機連結ピン10、26と同等に利用することができる。

[0072] ここで、図6(a)に示す作業機ブッシュ11Aは、パンチングメタルのように穴加工が施されてなる焼結摺動材料21Aの板材を丸曲げて、この丸曲げられた焼結摺動材料21Aを鋼製裏金20Aの内径部に突合せもしくはクリンチしながら圧入して、その鋼製裏金20Aの内周面に形成された溝部に嵌め込んでなる軸受ブッシュである。

また、同図(b)に示す作業機ブッシュ11Bは、リング状に形成された焼結摺動材料21Bを鋼製裏金20Bの内周面に形成された多条溝に突合せて圧入してなる軸受ブッシュである。そして、これら作業機ブッシュ11A、11Bにおいては、各作業機ブッシュ11A、11Bに設けられた穴や溝等によって形成される摺動面凹部にグリース等の潤滑組成物が充填され、この潤滑組成物による潤滑作用にて摺動面を良好に潤滑できるようにされている。

また、同図(c)に示される作業機ブッシュ11Cは、完成時に鋼製裏金20Cとなる鋼板上に銅系焼結粉末を散布して一旦その裏金鋼板と焼結接合した後に、焼結摺動材料21Cの小片と銅系焼結粉末とを散布して再焼結し(図中記号M;銅系焼結材料)、圧延を施してなる複層摺動部材、もしくは、完成時に鋼製裏金20Cとなる鋼板上

に銅系焼結粉末を散布して一旦その鋼板と焼結接合した後に、焼結摺動材料21Cまたは本発明に係るMo-Cu合金系の成形体の小片を焼結接合し、次いで多孔質青銅系焼結層Mとする原料粉末を散布・圧延して焼結することで作製される複層摺動部材に対して、丸曲げ加工を施してなる軸受ブッシュである。この作業機ブッシュ11Cにおいては、前記小片を囲む銅系摺動材料Mが含油性の高い多孔質摺動材料であることから、給脂間隔の更なる延長化を図ることができるという利点がある。なお、この作業機ブッシュ11Cの摺動面に分散される前記小片の面積率は10〜70%であるのが好ましい。

[0073] なお、前記小片は、市販の高密度、高純度なMo焼結材料をチップ化してなるものであっても良いし、Moを主体とする成形体とCuまたはCu合金とから溶浸焼結によって製作されたものや、10〜80重量%のMoを含有するMo-Cu合金系の焼結摺動材料によって製作されたものであっても良い。

[0074] さらに、図7(a)〜(c)に示す各製造工程にて作製された乾式複層軸受摺動部材を丸曲げて作製される無給脂タイプの乾式軸受ブッシュを、前記作業機ブッシュ11に代えて適用することも可能である。ここで、図7(a)〜(c)に示す各製造工程にて作製される乾式複層軸受摺動部材は、高密度なMo系、Mo-Cu合金系摺動材料の成形体、造粒体、焼結体の小片等(T, T', T'')を鋼板B上に配して焼結接合または溶浸接合した後に、図中記号Lで示す潤滑性樹脂や潤滑組成物(固体潤滑剤+樹脂)を接合層に充填するようにライニングしてなるものである。

またここで、図7(a)に示す製造手段においては、Mo-Cu合金系の成形体、造粒体、焼結体の小片Tを直接鋼板裏金Bに焼結接合した後にライニングするようにされている。

一方、同図(b)に示す製造手段においては、青銅系、鉛青銅系、Fe-Cu-Sn系またはFe-Cu-Sn-Pb系の焼結材料を散布・焼結接合してなる下地焼結層Nを有する鋼板裏金Bを用意し、前記下地焼結層N上に高密度Mo系、Mo-Cu合金系の焼結体もしくは成形体の小片T'を配し、その下地焼結層Nを介して鋼板裏金Bに焼結接合した後に、ライニングするようにされている。

他方、同図(c)に示す製造手段においては、Mo系の成形体、造粒体、焼結体の

小片T'と溶浸剤となる銅系粉末Yを鋼板裏金B上に散布して、溶浸焼結と同時に接合した後に、ライニングしてなるものである。

[0075] さらにまた、黒鉛、 MoS_2 等軟質の固体潤滑剤造粒粒子の1/5径ほどの微細なMo粉末とその造粒固体潤滑剤を混合成形したものに、焼結と同時に溶浸して高密度高強度化したMo-Cu合金-固体潤滑材料系摺動材料を裏金(軸受裏金、軸基材)に固定してなる作業機ブッシュや作業機連結ピンを前記各実施形態における連結装置に適用する。これにより、完全無給脂化を目指すことも可能である。なお、このような溶浸焼結摺動材料においても、 CaF_2 やMo酸化物等の硬質な固体潤滑剤が含有されても良い。

[0076] また、第1の実施形態および第2の実施形態のそれぞれにおけるスラスト軸受12を、中空円板状の鋼製裏金(基材)23に対してMo-Cu合金系材料が溶浸焼結接合あるいは焼結接合されて摺動面層が形成されてなるものとすることも好ましい。さらに、このスラスト軸受12においては、前記摺動面層に、耐摩耗性をより改善するためのTiC, TiN, WC, Fe-Mo, Fe-Cr, Si_3N_4 等の炭化物、窒化物、酸化物硬質粒子を分散させるのが好ましい。なお、このスラスト軸受12において、前記鋼製裏金(基材)23の両面に前記摺動面層が固定されて使用されても良い。

[0077] 本実施形態の摺動部材は、裏金鋼板に固定された焼結層と、前記焼結層に潤滑組成物、潤滑性樹脂、および固体潤滑剤と樹脂からなる固体潤滑複合材のうち少なくとも一つを充填しつつライニングして形成された摺動面層と、を具備し、

前記焼結層は、Snが5-20重量%含有される青銅合金が10-95重量%含有され、残部がMoを主体とする混合粉末を前記裏金鋼板に散布して焼結接合することにより固定されたものであることを特徴とする。

また、前記摺動部材において、前記摺動面層を内周面側または外周面側に配するように曲げて円筒状または略円筒状に成形されたものである。

[0078] また、前記摺動部材の製造方法は、Snが5-20重量%含有される青銅合金が10-95重量%含有され、残部がMoを主体とする混合粉末を裏金鋼板に散布して焼結接合し、その焼結接合にて形成された焼結層に潤滑組成物、潤滑性樹脂、および

固体潤滑剤と樹脂からなる固体潤滑複合材のうち少なくとも一つを充填しつつライニングして摺動面層を形成し、この摺動面層を内周面側または外周面側に配するように曲げて円筒状または略円筒状に成形するものである。

[0079] また、前記裏金鋼板は、前記焼結接合が施される面に予めCuメッキまたは青銅系、鉛青銅系、Fe-Cu-Sn系もしくはFe-Cu-Sn-Pb系の焼結材料が焼結接合されていることが好ましい。これにより、焼結接合性や溶浸接合性の改善を図ることができる。とともに、円筒状または略円筒状に成形する丸曲げ加工を施す際に焼結摺動材料の小片が接合面から剥離するのを防止することができる。

[0080] ここで、裏金鋼板上に散布される混合粉末は、原料粉末に例えば有機バインダ等をバインダとして約2〜8重量%添加し、平均粒径が0.05〜2mmとなるように造粒されているのが好ましい。なお、この造粒体の裏金鋼板への溶浸接合は、当該造粒体と溶浸合金粉末とを混合して散布・焼結することによって容易に実施できるが、この際に溶浸合金がすべて造粒体に溶浸される必要性はなく、溶浸合金粉末が分散して残留することによって摺動面層の接合性を高めることもできる。

[0081] なお、上述した摺動部材の製造方法に係る摺動部材と類似する複層摺動部材としては、乾式軸受ブッシュ（例えば、大豊工業社製FB209B, FB210A, FB220A, FB410等）がある。この乾式軸受ブッシュは、鋼製裏金上に低密度で焼結接合した鉛青銅粒子を潤滑性樹脂（例えばPTFT樹脂）で包み込むようにしてその潤滑性樹脂を裏金にライニングして作製される。前記複層摺動部材における潤滑性ライニング材料は、上述した摺動部材の製造方法において採用される潤滑性ライニング材料と同等のものをを用いても良い。

[0082] ところで、上述した摺動部材の製造方法に係る摺動部材における潤滑性ライニング材料の代りに多孔質銅系焼結摺動材料を用いても、給脂時間の延長化を図ることができる。

[0083] そこで、本実施形態の摺動部材は、裏金鋼板に固定された焼結層と、前記焼結層に散布された焼結摺動材料からなる小片と、前記小片の周囲に配置された別体の青銅系焼結体と、を具備し、前記焼結層は、青銅系、鉛青銅系、Fe-Cu-Sn系もしくはFe-Cu-Sn-Pb系の

焼結材料を前記裏金鋼板に焼結接合することにより形成され、

前記小片が前記別体の青銅系焼結体中に含有されるようにして前記裏金鋼板に固定され、

前記焼結摺動材料は、CuまたはCu合金が10〜95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が90%以上である焼結体からなるものである。

- [0084] 前記摺動部材の製造方法は、裏金鋼板に青銅系、鉛青銅系、Fe-Cu-Sn系もしくはFe-Cu-Sn-Pb系の焼結材料を焼結接合し、その焼結接合にて形成された焼結層に焼結摺動材料からなる小片を散布するとともに、別体の青銅系焼結体を前記小片の周囲に埋め込まれるように配置し、その小片がその別体の青銅系焼結体中に含有されるようにして前記裏金鋼板に固定する摺動部材の製造方法であって、

前記焼結摺動材料は、CuまたはCu合金が10〜95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が90%以上である焼結体からなるものである。

- [0085] また、前記焼結体は、Mo成形体の焼結と共にCuまたはCu合金が溶浸されてなるものであって、Moが35〜75重量%含有され、かつその気孔率が7体積%以下であることが好ましい。

また、前記Mo成形体は平均粒径が10 μ m以下のMo粉末で構成され、さらに平均粒径が30 μ m以上の固体潤滑剤が5〜60体積%および／または硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で含有されていることが好ましい。

また、前記焼結体中のCu合金相は、Snが5〜20重量%含有されるとともに、0.2〜5重量%のTi、0.2〜14重量%のAl、0.2〜15重量%のPb、0.1〜1.5重量%のP、0.1〜10重量%のZn、0.1〜10重量%のNi、0.1〜5重量%のCo、0.1〜10重量%のMnおよび0.1〜3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されていることが好ましい。これにより、焼結性、溶浸性、耐サルファーアタック性および強度を更に向上させることができる。なお、上記Al、Pb、P、Ni、Si等の全ての添加が必要でなく、例えばPによる流動性、還元性、濡れ性の改善が0.1重量%から明確になることなどの事例から、P、Zn、Ni、Co、Mn、Siの下限値を0.1重量%とすることが好ましい。

またさらに、前記焼結摺動材料の耐摩耗性を向上させる場合には、平均粒径1〜5

0 μ mの硬質粒子が0. 2〜10体積%の範囲で含有されていることが好ましい。

[0086] 前述した摺動部材は、摺動面に作用する面圧が300kgf/cm²以上で、かつすべり速度が2m/min以下の摺動条件で使用することが可能である。

[0087] 図8は、成形体、焼結体中における固体潤滑剤粒子とMo粉末の状態を表わす模式図であって、Mo粉末粒径と固体潤滑剤の大きさとの関係を表わす図である。

[0088] 図8に示すように、Mo粉末粒径が微細であるほど固体潤滑剤は丸く形成され、強度的な内部応力集中を避ける効果が高く、より強度の低下を防止できる。このことから、微細な粒径のMo粉末を焼結体材料として採用することで、焼結体中により多くの固体潤滑剤を添加することができる。また、多量の有機潤滑剤を添加した焼結体原料混合粉末に作用させる成形圧力を0. 5〜2ton/cm²に低く抑えることにより、軟質な固体潤滑剤の異方性変形を少なくして、強度劣化を抑えることができ、更にCu合金系材料を溶浸することで内部応力集中を避けることができる。

[0089] ところで、前記第1の実施形態および第2の実施形態に係るバケット連結装置9A、9Bの基本構造は、図9(a)に示されるクローラ式下部走行体における履帯アッセンブリ33、同図(b)に示されるブルドーザの車体を支えるイコライザ機構34、図10(a)に示されるダンプトラック等のサスペンション装置35、および同図(b)に示されるクローラ式下部走行体における転輪アッセンブリ36のそれぞれにおける連結部位の連結構造とその基本構造が類似している。すなわち、一側の機械構成要素(一側のリンクセット37、メインフレーム41、車体フレーム45、転輪リテーナ49)と、この一側の機械要素に支持される軸受軸(履帯ピン38、イコライザピン42、サスペンション支持ピン46、転輪シャフト50)およびその軸受軸に外嵌される軸受ブッシュ(履帯ブッシュ39、イコライザブッシュ43、球面ブッシュ(自由度2)47、転輪ブッシュ(鰐付ブッシュ)51)を介して配される他側の機械構成要素(他側のリンクセット40、イコライザバー44、サスペンション48、転輪ローラ52)とを、互いに回動または回転可能に連結する構造とされている。したがって、それら連結部位に対して本発明の技術思想を適用することで、第1の実施形態および第2の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。なお、図9(a)(b)および図10(a)(b)において、記号Gにて示される部位は、本発明に係る焼結摺動材料が固定されて好適な部位である。

[0090] 例えば、油圧ショベルにおける作業機の連結部位に配される連結装置において、耐焼付き性や無給脂時間間隔は、当該連結装置を構成する軸受ブッシュとその軸受ブッシュ内に配される軸受軸の組み合わせによって決められるものである。したがって、軸受ブッシュおよび軸受軸のいずれか一方が、本発明に係る摺動部材で構成されるのが好ましい。

[0091] そこで、本実施形態の連結装置は、一側の機械構成要素と、この一側の機械構成要素に支持される軸受軸およびその軸受軸に外嵌される軸受ブッシュを介して配される他側の機械構成要素とを、互いに回転または回動可能に連結する連結装置、もしくは一側の機械構成要素と、この一側の機械構成要素に支持される軸受軸およびその軸受軸に外嵌される軸受ブッシュを介して配される他側の機械構成要素とを、互いに回転または回動可能に連結し、かつ前記一側の機械構成要素と前記他側の機械構成要素との間に作用するスラスト荷重を受支するスラスト軸受を備えてなる連結装置において、

前記軸受軸、軸受ブッシュおよびスラスト軸受のうちの1種以上を摺動部材で構成していることも可能である。

また、前記摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備え、

前記焼結摺動体は、CuまたはCu合金が10～95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなり、

前記裏金は、軸受裏金、軸受軸の基材、および球面ブッシュの基材のうちいずれかである。

[0092] 上記連結装置によれば、機械装置の連結部位に配される軸受軸、軸受ブッシュおよびスラスト軸受のうちの1種以上が、CuまたはCu合金が10～95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなる焼結摺動体を備えた摺動部材で構成されるので、高面圧・低速摺動などのような過酷な摺動条件下で用いられて好適な連結装置とすることができる。

[0093] また、本実施形態の連結装置は、一側の機械構成要素と、この一側の機械構成要素に支持される軸受軸およびその軸受軸に外嵌される軸受ブッシュを介して配される他側の機械構成要素とを、互いに回転または回動可能に連結する連結装置にお

いて、

前記軸受軸を摺動部材で構成するとともに、

前記軸受ブッシュを、硬化熱処理が施されていない鋼管で構成し、かつその鋼管における摺動面部位に所要の潤滑溝を形成するものであっても良い。

前記摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備え、

前記焼結摺動体は、CuまたはCu合金が10〜95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなり、

前記裏金は、軸受軸の基材である。

[0094] さらに、本実施形態による連結装置は、一側の機械構成要素と、この一側の機械構成要素に支持される軸受軸およびその軸受軸に外嵌される軸受ブッシュを介して配される他側の機械構成要素とを、互いに回転または回動可能に連結する連結装置において、

前記軸受軸を摺動部材で構成するとともに、

前記軸受ブッシュを、Fe-C系、Fe-C-Cu系もしくはCu-Sn系合金の含油焼結材料で構成しても良い。

前記摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備え、

前記焼結摺動体は、CuまたはCu合金が10〜95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が90%以上である焼結体からなり、

前記裏金は、軸受軸の基材である。

[0095] また、前記連結装置において、前記焼結体は、Mo成形体の焼結と共にCuまたはCu合金が溶浸されてなるものであつて、Moが35〜75重量%含有され、かつその気孔率が7体積%以下であることが好ましい。

[0096] また、前記連結装置において、前記Mo成形体は平均粒径が10 μ m以下のMo粉末で構成され、さらに平均粒径が30 μ m以上の固体潤滑剤が5〜60体積%および／または硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で含有されていることが好ましい。

[0097] また、前記連結装置において、前記焼結体中のCu合金相は、Snが5〜20重量%含有されるとともに、0.2〜5重量%のTi、0.2〜14重量%のAl、0.2〜15重量%のPb、0.1〜1.5重量%のP、0.1〜10重量%のZn、0.1〜10重量%のNi、0.1

〜5重量%のCo、0.1〜10重量%のMnおよび0.1〜3重量%のSからなる群から選ばれる1種以上が含有されていることも可能である。これにより、焼結性、溶浸性および強度を更に向上させることができる。なお、上記Al, Pb, P, Ni, Si等の全ての添加が必要でなく、例えばPによる流動性、還元性、濡れ性の改善が0.1重量%から明確になることなどの事例から、P, Zn, Ni, Co, Mn, Siの下限値を0.1重量%とすることが好ましい。

またさらに、前記焼結摺動材料の耐摩耗性を向上させる場合には、平均粒径1〜50 μm の硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で含有されていることが好ましい。

[0098] 上記それぞれの連結装置によれば、軸受軸の構成材として、CuまたはCu合金が10〜95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなる焼結摺動体を備えた摺動部材が適用されることにより、その軸受軸に摺動機能の一翼を担わせている。したがって、その軸受軸の摺動相手として比較的安価な軸受ブッシュを採用することができ、低コスト化を図ることができる。

また、軸受ブッシュが、潤滑油または潤滑組成物を多量に貯蔵できる含油焼結材料から構成される連結装置においては、摺動面への潤滑油の供給を長期間に亘り安定化させることができ、給脂間隔を飛躍的に延長することができる。

さらに、それぞれの連結装置においては、軸受ブッシュと比較して一般に取り外しが容易な軸受軸に摺動機能の一翼を担わせているので、摺動機能が低下した際にその軸受軸を新品のそれと交換または摩耗した部分に前記焼結摺動材料を固定して補修し再利用することで摺動機能の回復を容易に図ることができる。したがって、メンテナンス性を著しく向上させることができる。

[0099] また、前記連結装置においては、前記一側の機械構成要素に対する前記軸受軸の被支持面部位に前記焼結摺動体が固定されていることが好ましい。これにより、軸受軸に大荷重が作用した際に、その軸受軸の回転微動や撓みなどによって一側の機械構成要素と軸受軸の被支持面とが擦れたとしても、不快感を伴うような異音の発生を未然に防ぐことができる。ここで、前記軸受軸の被支持面に固定される焼結摺動材料に係るMo金属相は、その軸受軸を支持する一側の機械構成要素の支持部が例えばロックウェル硬さHRC25程度のS45C焼準鋼のような比較的軟質な材料であ

っても殆どアタックしない特性を有することから、当該支持部の支持面に対して高周波焼入れ等の硬化熱処理を施して耐焼付き性と耐摩耗性を改善する必要がなく、コスト上の利点がある。

[0100] そして、上述した連結装置においては、作業機、クローラ式下部走行体におけるトラックリンク、同下部走行体における転輪装置、ブルドーザの車体を支えるイコライザ、およびダンブトラック等のサスペンション装置のいずれかにおける連結部位の連結手段として用いられて好適である。

[0101] また、上述した連結装置は、摺動面に作用する面圧が $300\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上で、かつすべり速度が $2\text{m}/\text{min}$ 以下の摺動条件で使用することが可能である。

[0102] (実施例1)

次に、本発明の具体的な実施例について、図面を参照しつつ説明する

[0103] (焼結摺動材料の製造法とその検証)

本実施例においては、Mo(1)粉末(平均粒径 $0.8\mu\text{m}$)、Mo(2)粉末(平均粒径 $4.7\mu\text{m}$)、NiO(平均粒径 $0.7\mu\text{m}$)、アトマイズ銅粉末(日本アトマイズ、SFR-Cu 平均粒径 $10\mu\text{m}$)、Ni粉末(平均粒径 $1.2\mu\text{m}$)および#350メッシュ以下のTiH, Sn粉末を用いて表1に示されるような混合粉末を作製し、更にこれらの混合粉末に対して3重量%のパラフィンワックスを配合して、内径が46mm、高さが50mmの円筒形状に $2\text{ton}/\text{cm}^2$ の加圧力で成形した。そして、得られた各成形体を、 $950\sim 1250^\circ\text{C}$ で1hr焼結した後に、 N_2 ガスで冷却した。

[0104] [表1]

Mo系摺動材用供試材の配合組織(重量%)

0.8 μm 4.7 μm CE25 1.2 μm #350以下												
	Mo1	Mo2	Cu	Ni	TiH	Pb	Sn	1150℃	溶浸剂1	溶浸剂2	1250℃	1470℃
A1	100							73.2	9.28	9.31		
A2		100						65.5	9.18	9.21		
A3		Bal.	5					70.5				
A4		Bal.	4.25		0.25	0.5		88.7				
A5		Bal.	4.45		0.25		0.3	79.1				
A6		Bal.	2.5	2.5				68.2			91.2	
A7		Bal.		5				63.4				98.8
A8		35	58.5				6.5	97.8				
A9		50	45				5	98.3				
A10		70	27				3	98.9				
溶浸剂1			Bal.				10					
溶浸剂2			Bal.				20					

[0105] ここで、No. A1に係る平均粒径が0.8 μ mのMo(1)粉末を主体とする成形体(成形体密度;4.65gr/cm³)は、950°Cで既に顕著な収縮性を示してその焼結性が発現され、1100°C、1150°C、1200°Cのそれぞれにおいてその焼結性はほぼ飽和するものの収縮率14.6%の顕著な収縮性を示し、相対密度で74%(気孔率26%)にまで密度の向上が図られた。

[0106] 一方、No. A2に係る平均粒径が4.7 μ mのMo(2)粉末を主体とする成形体(成形体密度5.82gr/cm³)において、その焼結性は、No. A1に係る成形体の焼結性ほどではないが、焼結により収縮率4.5%の収縮性を示し、十分な焼結性が確保されることが分かった。

[0107] そして、Mo(1)粉末を主体として作製された焼結体、およびMo(2)粉末を主体として作製された焼結体のいずれにおいても、相対密度が約66〜74%で、約25〜34体積%の気孔率を有する高強度な多孔質体となることが確認された(表1において、1150°Cでの相対密度を表わすデータを参照)。

[0108] ところで、従来のCu系、Fe系焼結含油軸受の気孔は、主にSnやCuの流出孔を利用したものであることから、その気孔径が10〜40 μ m程度の粗大なものとなっている。このことは、摺動面での気孔の早期閉塞化を防止する上で有利に働くものの、一方においては、1)摺動面に作用する油圧の逃げを大きくして、境界潤滑下での潤滑油膜の形成を難しくする、2)摺動面における潤滑油のポンプ作用が小さくなるために、潤滑油が気孔から顕著に流出する、3)重力の影響によって潤滑油が摺動面に偏在

するようになり、荷重が作用する方向によっては潤滑油不足による早期の焼付きが生じる恐れがある、などの問題を有している。

[0109] これに対し、本実施例の例えばNo. A1に係る焼結体においては、1185℃で焼結された当該No. A1に係る焼結体の断面組織写真が示された図11(a)および同焼結体の破断面組織写真が示された同図(b)から明らかなように、平均サイズが0.3 μ m以下の微細な気孔がきめこまかに分散されているとともに、それら気孔が通じ合っ構成されるスケルトン構造になっている。したがって、このNo. A1に係る焼結体によれば、浸透力が極めて大きくなるために、潤滑油等を多量に含油させることができるとともに、摺動中において当該焼結体からの潤滑油等の流出を極めて少なくすることができ、従来のCu系、Fe系焼結含油軸受が有する先の問題を本質的に解決し得ることは極めて明らかであるといえるとともに、従来の上記含油焼結摺動材料に較べて、流体潤滑性をより低摺動速度域において実現しやすく、Mo焼結体中の微細な気孔中に前記潤滑油や潤滑油とワックス類を配合した潤滑物を充填することによって、高速・低速摺動両用の軸受として優れた特性を有する。

[0110] また、従来、Mo粉末の焼結体は、水素気流中において2300～2500℃で焼結されるのが一般的であり、またその時の成形密度は9.2～9.5 gr/cm³(相対密度; 90～93%、収縮率17.5～20%)であり、しかもその後に施される熱間加工によって更に高密度化されているが、焼結温度が1150℃の予備焼結レベルでは殆ど焼結が進行せず、1300℃の焼結温度において2～4%程度の収縮率を示すという難焼結材料であった。

[0111] これに対し、本実施例では、0.01～1 torrレベルの真空焼結を実施して、原料の粉末表面に形成される低融点酸化物[例えば、MoO₃(融点; 795℃、沸点; 1151℃)]による液相を発生させて焼結を促進させるようにされている。このことを如実に表わす図11(c)の組織写真にて示されるように、低融点酸化物が液相化することで焼結が部分的にまとまって顕著に促進された痕跡が散見され、またこの焼結が顕著に促進された部位においては、冷却過程で部分的にクラックが発生していることがうかがえる。このことから、Mo金属粉末にMoO₃等の低融点酸化物を積極的に添加することで液相焼結性を高め、また焼結温度を適宜高温側に移させることによりその低

融点酸化物を還元または同酸化物の酸素成分を揮発除去するので、高密度なMo焼結体を得られ、また焼結時の酸素ポテンシャルを制御することによっても高密度化が図られる。

- [0112] なお、前記低融点酸化物の例として挙げた MoO_3 に代えて、真空焼結にて容易に還元されるNi, Fe, Cu, Co, Sn等の酸化物(例えば、NiO, CoO, FeO, CuO等)を添加して、Mo金属粉末の焼結性を促進する酸素源とすることも好ましい。この際の酸化物の添加量は、従来の液相焼結が10体積%で完全に緻密化されていることを勘案すれば、酸素添加量として0.1〜3.0重量%程度で十分である。
- [0113] また、前記No. A1に係る焼結体およびNo. A2に係る焼結体において、各焼結体のヤング率は、各焼結体に所定の割合で含有されている気孔の影響により、金属Moのヤング率 $30000\text{kgf}/\text{mm}^2$ の30〜50%程度にまで低減され、銅系溶製材料程度の当り性が実現されることが分かった。また、各焼結体の硬さについては、No. A1に係る焼結体がビッカース硬さ $H_v=92$ で、No. A2に係る焼結体が $H_v=66$ であり、摺動材料として馴染み性に優れた硬さであることが確認された。また、前記各焼結体の圧環強度についても、一般的な含油軸受の圧環強度($15\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上、引張強度約 $7\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上)を十分に達成することが確認された。
- [0114] 他方、表1において示されるNo. A3〜No. A7に係る各焼結体は、Mo金属粉末を95重量%に固定してCu, Cu合金およびNiの1種以上を5重量%添加したときの焼結性に及ぼす影響を調べるために供試されたものである。このNo. A3〜No. A7に係る各焼結体はいずれのものも、Cu, Cu合金、およびNiの各融点を越える焼結温度においてその焼結性が顕著に促進されていることが確認された。特に、Niが5重量%添加されているNo. A7に係る成形体の焼結の際において、 1460°C 以上でNiの液相化による顕著な緻密化が進行したことは、既知の事実と整合している。また、CuTiPb系のNo. A4に係る焼結体およびCuTiSn系のNo. A5に係る焼結体においては、いずれのものも 1150°C の焼結温度においてその焼結性が顕著に高められていた。これは、CuTiPb系のNo. A4に係る焼結体については、Moに対するTiの相溶性、Pbに対するMoの固溶性、およびTiとPbの強力な親和性からMoとCu合金との濡れ性が改善されることによるもの、CuTiSn系のNo. A5に係る焼結体につ

いては、先の溶浸剤の結果から容易にその濡れ性が改善されることによるもの、である。

[0115] さらに、本実施例においては、表1のNo. A1に係る成形体を1000～1200℃で焼結する際に、同表において示される溶浸剤1に係る成形体をそのNo. A1に係る成形体の上に配して焼結と同時に溶浸させる溶浸焼結法を行うことにより、通気孔がなく高密度なMo系溶浸焼結体を製造した。また、同表中の溶浸剤2に係る成形体とNo. A1に係る成形体とから先の溶浸焼結法によりMo系溶浸焼結体を製造した。さらに、溶浸剤1に係る成形体とNo. A2に係る成形体とを用いてMo系溶浸焼結体を、並びに溶浸材2に係る成形体とNo. A2に係る成形体とを用いてMo系溶浸焼結体を、それぞれ先の溶浸焼結法により製造した。なおここで、前記溶浸剤1および溶浸剤2(いずれも溶浸用Cu系合金)に係る成形体は、いずれのものも所定の混合粉末(表1参照)に対して4ton/cm²の加圧力を作用させてNo. A1およびNo. A2に係る成形体と同様に円筒形状で、かつ溶浸量を合わせるためにその高さ寸法を適宜調整するようにして成形されたものである。

[0116] そして、この溶浸焼結法を用いたMo系溶浸焼結体の製造方法によって、例えば、No. A1に係る成形体においては、溶浸焼結前の成形体密度が4.65gr/cm³(相対密度;約46%に相当)であったものが、1150℃の溶浸焼結後に、その成形体密度が9.31gr/cm³にまで高められることが確認された。また、No. A1に係る成形体と溶浸剤2とから製造されたMo系溶浸焼結体においては、その硬さがHv325にまで硬化されることが分かった。

[0117] また、No. A1に係る成形体と溶浸剤2とから製造されたMo系溶浸焼結体の組織写真が示されている図12(a)、およびNo. A2に係る成形体と溶浸剤2とから製造されたMo系溶浸焼結体の組織写真が示されている同図(b)から明らかなように、いずれのMo系溶浸焼結体においても、その組織中における気孔が殆ど無くなり(気孔率7体積%以下)、組織的強度が高められていることが分かる。また、より細粒のMo(1)粉末(平均粒径0.8μm)が用いられてなる同図(a)のMo系溶浸焼結体は、そのMo(1)粉末よりも粗いMo(2)粉末(平均粒径4.7μm)が用いられてなる同図(b)のMo系溶浸焼結体と比較して、極めて微細で均一な組織となっており、同図(a)に示

されるMo系溶浸焼結体の方が同図(b)に示されるMo系溶浸焼結体よりも摺動特性が優れることが分かる。

[0118] また、No. A1に係る成形体およびNo. A2に係る成形体のそれぞれに対して先の溶浸焼結法を施す場合の寸法収縮率を調べると、No. A1に係る成形体に先の溶浸焼結法を施した場合には、1000℃で10%、1150℃で8.1%、1200℃で7.3%の収縮率であるのに対して、No. A2に係る成形体に先の溶浸焼結法を施した場合には、3.7%以内の収縮率で収まることが分かった。そして、この収縮率の差が焼結体の骨格となるMo金属粉末の焼結性に最も影響され、特にSnを多量に含有する青銅合金の溶浸焼結ではSnの蒸発との関係から1150℃以下の温度で実施するのが好ましいことが分かった。さらにまた、本実施例に係る溶浸焼結法が、Mo金属相を40〜60体積%含有し、その残部がCuまたはCu合金相からなる高密度な焼結摺動材料を製造する方法として極めて好ましいことも分かった。

[0119] さらに、Mo金属粉末(Mo(1)粉末、Mo(2)粉末)に予め耐摩耗性を高める硬質粒子(例えば、TiC、TiN、TiCN、W、フェロモリブデン(50〜70重量%Mo-Fe)、Si₃N₄等)や固体潤滑剤(例えばCaF₂、黒鉛等)を添加してなる粉末成形体に対して先の溶浸焼結法を施すことで、より高強度で潤滑能に優れる無給脂焼結摺動材料を形成することができる。とりわけ、微細なMo粉末を利用することにより、Mo粒子より大きくて軟質な固体潤滑剤を多量に添加した場合においても、高強度を担保しつつ摺動性能に優れた焼結摺動材料とすることができる(例えば、本出願人の既提案に係る特許3214862号公報参照)。このことから、例えば油圧ショベル等の作業機連結装置において、作業機連結ピンおよび軸受ブッシュのうちの少なくとも1種を、固体潤滑剤を含有するMo系またはMo-Cu(Cu合金)系の焼結摺動材料が固定されてなるものとすることにより、当該作業機連結装置を、長期間の給脂間隔もしくは給脂無しで使用可能な連結装置とすることができる。なおここで、固体潤滑剤の好ましい大きさがMo粉末径の約3倍以上、より好ましくは5倍以上であることは、幾何学的な関係から導き出せる(図8参照)。

[0120] さらに、本実施例では、電解Cu粉末(CE15、福田金属社製)と前記Mo₂、Sn、TiH、Pb粉末および#350メッシュ以下のFe₂₇重量%Pを用いて表2の組成となるよう

に配合するとともに、Moが重量%で0, 5, 10, 15, 25重量%となるように配合し、成形後、850～950℃で焼結し、その液相焼結性を調査した。なおここで、TiH, Pb, Fe27Pは、Mo粉末との濡れ性を改善するために添加されるものである。

[0121] [表2]

Mo-Cu合金系焼結摺動材の配合組織(重量%)

	Cu(CE15)	Mo2	Sn	Cu20Sn	TiH	Pb	Fe27P	865℃	885℃
B1	Bal.	0	8	28	0.7	8	2	8.5	
B2	Bal.	5	8	28		8		7.65	
B3	Bal.	5	8	28	0.7	8	2	8.8	
B4	Bal.	10	8	28	0.7	8	2	8.9	
B5	Bal.	15	8	28	0.7	8	2	9.1	
B6	Bal.	25	8	28	0.7	8	2		9.2

[0122] その結果、表2の右欄に記載するように、濡れ性の改善によって多量のMo粒子が分散した状態においてもより高密度なCu合金-Mo系焼結体の得られることが分かった。また、図13(a)および同図(b)並びに図14(a)および同図(b)は、表2中のNo. B3およびNo. B5の焼結組織並びに表1中のNo. A9およびNo. A10の焼結組織をそれぞれ示したものであって、いずれの場合においても極めて高密度に焼結化しており、Ti, Pbを添加して液相焼結時の濡れ性を改善したNo. B3, No. B5に係る焼結体においては、焼結温度を865℃に調整することによって焼結密度(焼結体中の気孔率)を十分に高めることができ(気孔率7体積%以下)、またそれらの焼結体の硬さがHv120, Hv145であり、高面圧下の摺動材料として十分な組織的強度が得られることが分かった。また、これらの摺動材料は耐摩耗性と耐焼付き性に優れた油潤滑下での高速、高面圧用の摺動材料としても良いことが期待される。

[0123] (実施例2)

(軸受試験)

本実施例においては、図15に示されるような形状の供試用軸受ブッシュおよび供試用軸受軸のいずれか一方に本発明に係る焼結摺動材料を固定した条件で、供試用軸受ブッシュと供試用軸受軸との間の軸受試験を行った。摺動面粗さは焼結穴を除いて、すべて約2～5μm程度の旋盤加工目として、本発明に係る焼結摺動材料を固定した供試軸受ブッシュの摺動相手の供試軸受軸はS45C炭素鋼の表面層を高周波焼入れ、焼戻し(160℃)、表面硬さがHRC56となるように調整し、その面粗

さが研削加工によって1〜3 μ m以下に仕上げられたものを使用した。また、本発明に係る焼結摺動材料を固定した供試軸受軸の摺動相手の供試軸受ブッシュは、#100メッシュ以下の4600鉄粉末に0.7重量%の黒鉛粉末(平均粒6ミクロン、ロンザKS6)を混合した混合粉末に対して、0.7重量%に相当する有機潤滑剤(アクラワックス)を添加混合して、成形圧力6ton/cm²で成形後、1150℃×2hrの真空焼結、N₂ガスで焼入れ、200℃×1hrの焼戻し処理を施し、更に含油処理を施した後に図15に示されるような形状となるように機械加工してなるものを使用した。そして、いずれの供試軸受ブッシュにおいても、ISO VG68相当の極圧添加剤(S添加量0.8重量%)を含有する潤滑剤を含浸させるものとした。さらに、本実施例においては、Mo(2)粉末と0.1〜0.3mm径の水ガラス造粒黒鉛の成形体に溶浸剤2を使った溶浸焼結体の軸受評価試験を追加実施した。

[0124] 本軸受試験においては、揺動角度10°と160°の揺動試験として、面圧を50kgf/cm²毎に揺動回数2000サイクル繰り返した後に昇圧させながらその時の摩擦係数が0.3以上に急速に上昇した面圧の前面圧を焼付き限界面圧として評価した。なお、最大面圧は1300kgf/cm²であって、低揺動角度の平均速度は0.05m/min、高揺動角度の平均滑り速度は0.8m/minである。そして、評価結果を表3(低揺動角度)、表4(高揺動角度)にまとめて示したが、低揺動と高揺動試験の結果に大きな違いがないので、以下、表3の低揺動試験結果に基づいて検討する。

[0125] [表3]

低揺動角軸受試験結果(平均滑り速度0.05m/min)

		60Mo		35Mo						
軸受ブッシュの		軸受軸の摺動材								
摺動材	S45CIQT	A1/溶浸2	A2/溶浸2	A8	B1	B3	B4	B5	D	
A1	1300									
A2	1300									
A5	1300									
G	150	1300	1150	950	250	250	450	700	1300	
D	1050									
E	400									
S45CIQT									1000	

O: 4600-0.7GrFe系焼結材料
D: Mo1-3重量%造粒Gr/溶浸剤2
E: Fe-0.7Gr-20Gr-10SKH51、浸焼焼入れ処理

[表4]

高揺動角軸受試験結果(平均滑り速度0.8m/min)

		60Mo		35Mo						
軸受ブッシュの		軸受軸の摺動材								
摺動材	S45CIGT	A1/溶浸2	A2/溶浸2	A3	B1	B3	B4	B5	D	
A1	1300									
A2	1200									
A5	1300									
C	100	1300	1200	900	200	250	500	800	1300	
D	950 [※]									
E	450									
S45CIGT									900 [※]	

C: 4800-0.7GrFe系焼結材料

D: Mo1-3重量%造粒Gr/溶浸剤2

E: Fe-0.7Gr-20Cu-10SKH51、薄炭焼入れ処理

※印は乾式軸受試験

- [0126] S45C高周波焼入れ焼戻した供試軸受軸と各種焼結摺動材料が固定されてなる供試用軸受ブッシュにおいては、(C)、(E)の標準的含油焼結摺動材に比べNo. A1, No. A2, No. A5のMo系多孔質材料が極めて顕著な限界焼付き面圧を示し、さらに、黒鉛をMo金属マトリックスに分散させてCu-Sn合金を溶浸させた摺動材(D)においても十分な固体潤滑による乾式摺動材料となり、潤滑油の供給を必要としない無給脂軸受ブッシュの摺動材料として用いられて好適であることが分かった。また、試験温度40℃、面圧300kgf/cm²の高揺動試験で軸受ブッシュからの潤滑油の流出性を評価した結果、A1, A2, A5のMo系多孔質材が固定された含油軸受ブッシュはいずれも、比較材となる摺動材(E)で構成される軸受ブッシュの1/5以下と極めて少なく、これは焼結体中の気孔が極めて微細であることによるものであることが分かった。また、Fe系含油焼結材料からなる軸受ブッシュと、高密度なMo系摺動材料を外周面に固定してなる供試用軸受軸との軸受試験評価においても、同様の結果が得られたが、とりわけ、Cu合金中のMo添加量の影響を調査した結果からは、Mo添加量が5重量%以上、好ましくは10重量%以上において急激な限界焼付き面圧の改善が認められた。

- [0127] (第3の実施形態)

図17は、本発明の第1の実施形態に係るターボチャージャ装置の概略構造を説明する図である。

- [0128] 本実施形態に係るターボチャージャ装置101は、主に、タービンシャフト102と、このタービンシャフト102で連結されるタービンホイール103およびコンプレッサホイー

ル104と、センタハウジング(支持体)105に形成された軸受面とタービンシャフト102との間に介挿される浮動ブッシュ106とを備え、図示省略されるエンジンからの排気ガスを利用してタービンホイール103を回転させることにより、そのタービンホイール103と同軸上に配されたコンプレッサホイール104を回転作動させ、そしてそのコンプレッサホイール104から多量の空気をエンジンの燃焼室に送り込むように構成されている。

[0129] 本実施形態においては、図18(a)に示すように、前記センタハウジング105に形成された軸受面に摺接する浮動ブッシュ106の外周面、および前記タービンシャフト102に摺接する浮動ブッシュ106の内周面には、それぞれ本発明に係る焼結摺動材料107が固定されることで形成される摺動面部が配されている。なお、参照符号108に示されるのは、油供給用孔である。

[0130] 次に、焼結摺動材料の詳細について説明する。

上記焼結摺動材料は、MoまたはMoにCu、Ni、FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量%以下含有させたMo合金からなる気孔率が10〜40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、潤滑油または潤滑油およびワックス類からなる潤滑組成物が充填されているものであっても良いし、または、MoまたはMoにCu、Ni、FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量%以下含有させたMo合金からなる気孔率が10〜40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、Pb、Sn、Bi、ZnおよびSbからなる群から選ばれる1種以上が主体となり、融点が450℃以下に調整された低融点金属もしくはその合金が充填されているものであっても良い。さらに、前記多孔質焼結体には、Moが50〜90体積%含有されることが好ましい。

[0131] 上記焼結摺動材料によれば、前記耐焼付き性に優れたMoを主体とする金属もしくは合金を母相として、さらにPb等潤滑成分の摺動面への供給性が十分確保される組織構造となっていることから、高速・高温摺動下においても摺動時の馴染みに優れて良好な耐焼付き性、耐摩耗性を示す摺動材料を得ることができる。

[0132] また、Moを主体とする前記多孔質焼結体においては、多孔質焼結体の強度の改善と経済性を図るために、Fe、Cu、NiおよびCoからなる群から選ばれる1種以上からなる金属または合金が10重量%以下で配合されることが好ましく、気孔率は鉛青

銅のPb含有体積%を考慮した場合に7.5体積%以上であって、あるいは、前記低融点金属等の溶浸性を考慮した場合においては10体積%以上であることが好ましい。

- [0133] なお、前記低融点金属もしくはその合金の溶浸性をより改善するためには、少なくともPbとMoとの親和性に優れたTi, Mg, Te, Ca, Ba, Seの1種以上、および、Pbへの固溶性に優れたMoとの親和性に優れたCu, Ni, Co, Alの1種以上の少なくとも一方が含有されることが好ましい。
- [0134] また、本実施形態による焼結摺動材料において、前記多孔質焼結体には、Mo相または青銅相より硬質な金属間化合物、炭化物、窒化物、酸化物及びフッ化物からなる群から選ばれる1種以上からなる硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で分散されていることが好ましい。前記金属間化合物は、MoNi系、MoFe系、MoCo系、FeAl系、NiAl系、NiTi系、TiAl系、CoAl系、CoTi系等からなる群から選ばれる1種以上の金属間化合物であり、前記炭化物はTiC, WC等からなる群から選ばれる1種以上であり、前記窒化物はTiN, CrN, Si_3N_4 等からなる群から選ばれる1種以上であり、前記酸化物はNiO, Cu_2O , CoO, TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 等からなる群から選ばれる1種以上であり、前記フッ化物は CaF_2 等であることが好ましい。これにより、耐摩耗性を更に改善することができる。なおここで、摺動相手材料に対するアタック性を考慮する必要がある場合には、前記硬質粒子の分散を5体積%以下に留めるのが良い。さらに、焼結体中に分散される前記硬質粒子としてはMo粒子径よりも大きいものを選択して、Mo粒子間の焼結性を阻害しないようにすることが好ましい。
- [0135] また、本実施形態による焼結摺動材料は、Moが5〜75重量%含有し、Snが5〜20重量%含有する青銅合金相からなり、かつ相対密度が90%以上の青銅合金-Mo系焼結体からなるものであっても良い。
- [0136] 上記焼結摺動部材料によれば、高速・高温摺動および高面圧・高速摺動下においても摺動時の馴染みに優れて良好な耐焼付き性、耐摩耗性を示す摺動材料を得ることができる。
- [0137] なお、本実施形態においては、Moの下限添加量を、潤滑状況の悪い状態での耐焼付き性を明確に改善し始める添加量である5重量%としているが、より好ましい下

限量は、純Moからなる摺動材料とほぼ同じ摺動特性が得られる10重量%である。また、Moの上限添加量は、経済的な観点と後述する溶浸焼結による簡便な製造方法とを考慮して75重量%としたが、60重量%程度に留めるのがより好ましい。

- [0138] ところで、Moの添加量を5重量%以上にすることによって、青銅系、鉛青銅系の焼結材料においてはその組織強度が低下する恐れがあることが知られている(例えば、特許文献6参照)。
- [0139] そこで、5重量%以上のMo添加量による焼結体組織の強度低下を確実に防止するために、本実施形態による焼結摺動部材料において、前記青銅合金相は、0.2〜5重量%のTi、0.2〜14重量%のAl、0.2〜15重量%のPb、0.1〜1.5重量%のP、0.1〜10重量%のNi、0.1〜5重量%のCo、0.1〜10重量%のMnおよび0.1〜3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されているのが好ましい。ここで、Tiは、Cuの融点を顕著に下げること(Cu-5重量%Tiの液相発生温度885℃)や、Pb、Snとの共存下で濡れ性を顕著に改善し、かつMoとの反応で焼結性を阻害する金属間化合物を形成しない元素であることから、当該焼結体の焼結性を顕著に改善するものであり、かつ共存するCu合金相の強度を顕著に改善する元素である。また、PbはMo中へは殆ど固溶しないが液相PbはMoを顕著に固溶させることから、PbもMoの焼結性を促進するものであるといえる(この特性は後述するMo-Cu合金系焼結体の焼結実験において確認されている)。
- [0140] また、前記焼結摺動材料において、TiとPbの共存によって濡れ性が改善されることは前述の通りであるが、さらにTiとPbを共存させることはPbを均一に分散させる上で極めて効果的である。このようにして摺動材料中にPbが均一に分散されると、摺動面におけるPb欠乏層の発生を防止することができ、Pb化合物が具備する固体潤滑性能を良好に発現させることができる(本出願人の先願に係る特開平11-217637号公報参照)。したがって、本実施形態によれば、例えばターボチャージャ装置における高速摺動面部位に配されて好適な摺動材料を得ることができる。また、Pbの均一分散性の改善、Pb系化合物の形成という観点からすれば、Ti以外にMg, Ca, Ba, Zr, La, Li, Se, Sm, Teの1種以上が0.5〜10重量%含有されるのが好ましい(同公報参照)。

- [0141] さらに、前記焼結摺動材料において、摺動面でのサルファーアタックを改善する観点から、前記青銅合金-Mo系焼結体中には、0.5〜5重量%のAl、1〜5重量%のNi、1〜15重量%のZn、0.5〜2重量%のSiのうち1種以上が含有されていることが好ましく、特にAl、Niを添加することは当該青銅合金-Mo系焼結体の強度改善の点からも好ましい。また、高密度な青銅合金-Mo系焼結体とするための焼結途中においてたびたび生じる発泡現象や発汗現象を防止するために、当該青銅合金-Mo系焼結体には、Ti、Al、Si、P、Feのうちの1種以上を0.1〜2重量%の範囲内で添加しておくことが好ましい。
- [0142] なお、前記焼結摺動材料において、前述列举の合金元素の添加方法については、各合金元素の素金属粉末または母合金、金属間化合物の形態で添加される。また、例えばターボチャージャ装置における浮動ブッシュの一構成材として好適に用いられる銅系摺動材料において、前述の特許文献7および特許文献8に記載される材料中のPb添加量から推察すると、1.5〜15重量%のPb相が分散析出していることが分かる。このことから、本発明においてPb添加量は1.5〜15重量%が好ましいこととした。また、前記青銅合金-Mo系焼結体中の銅合金相には、従来の鉛青銅、磷青銅、Al青銅などの青銅系または各種黄銅系の摺動材料で用いられるSn、Pb、Zn、Al、Si、P、Fe、Be、Ag、Mn、Cr等の元素のいずれかが通常の範囲で含有されても良い。
- [0143] ところで、(A)例えば粒径10 μ m以下のMo金属粉末を5〜75重量%Moとなるように青銅粉末と混合して焼結すると、Mo粒子が凝集したMo相と青銅合金相とからなる組織構造となり、摺動特性が十分発揮されない場合がある、また(B)一般に青銅合金の焼結性を阻害する硬質粒子を焼結原料中に多量に添加して焼結を行うと、顕著な焼結阻害が引き起こされる場合がある。
- [0144] これら(A)(B)のような不具合を防止するために、本実施形態による焼結摺動材料は、Mo粉末成形体の焼結とともに青銅合金系溶浸剤が溶浸されて形成され、かつMoが35〜75重量%含有する青銅合金-Mo系焼結体からなるものである。
- [0145] 上記焼結摺動部材料によれば、焼結体中に青銅合金相が分散される組織構造となり摺動特性が発揮され、さらに焼結性の阻害を回避することができる。

- [0146] なおここで、前記溶浸の工程においては、Mo成形体を一旦900〜1250℃の温度範囲で焼結し、得られたMo焼結体に対して別工程で青銅合金系溶浸剤を溶浸するようにしても良い。また、上記焼結摺動部材料において、Mo成形体を構成するMo粉末の平均粒径を小さくすればするほど組織的均一性が顕著に増大する。例えば平均粒径が $0.8\mu\text{m}$ のMo粉末粒子で構成されるMo成形体を焼結するとともに当該Mo成形体に対して青銅合金系溶浸剤を溶浸すると、得られた焼結体は $1\mu\text{m}$ 以下の微細な青銅合金相が分散される組織構造となる。これによって硬さおよび強度が顕著に改善される。
- [0147] ところで、より良い耐焼付き性を実現するために添加される固体潤滑剤を焼結体中に多量に分散させると、顕著な強度劣化が引き起こされる場合がある。
- [0148] このような不具合を防止するために、本実施形態による焼結摺動材料において、前記Mo粉末成形体には、5〜60体積%の黒鉛、 CaF_2 等の固体潤滑剤および硬質粒子分散材の少なくとも一方が予め混合されているのが好ましい。この焼結摺動材料において、自己潤滑性を高める固体潤滑剤を含有させる場合、軟質な固体潤滑剤の粒子径はMo粉末の粒子径の5倍程度に調整して、焼結後の固体潤滑剤への応力集中を軽減しその強度改善を図ることが好ましい。このため、Mo成形体を、平均粒径が $10\mu\text{m}$ 以下のMo粉末で構成し、さらに固体潤滑剤の平均粒径を $30\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。また、固体潤滑剤による自己潤滑性が5体積%以上で確認され始めるが、より十分な自己潤滑性を得るためには10体積%以上であることが好ましく、さらに60体積%以上では強度劣化が問題になることから、上記焼結摺動材料においては固体潤滑剤の含有量を5〜60体積%とした。
- [0149] また、本実施形態による焼結摺動材料において、前記青銅合金-Mo系焼結体には、Mo相または青銅相より硬質な金属間化合物、炭化物、窒化物、酸化物及びフッ化物からなる群から選ばれる1種以上からなる硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で分散されていることが好ましい。前記金属間化合物は、MoNi系、MoFe系、MoCo系、FeAl系、NiAl系、NiTi系、TiAl系、CoAl系、CoTi系等からなる群から選ばれた少なくとも一の金属間化合物であり、前記炭化物はTiC、WC等からなる群から選ばれた少なくとも一つであり、前記窒化物はTiN、CrN、 Si_3N_4 等からなる群から選ば

れた少なくとも一つであり、前記酸化物は NiO 、 Cu_2O 、 CoO 、 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 等からなる群から選ばれた少なくとも一つであり、前記フッ化物は CaF_2 等であることが好ましい。これにより、耐摩耗性を更に改善することができる。なおここで、摺動相手材料に対するアタック性を考慮する必要がある場合には、前記硬質粒子の分散を5体積%以下に留めるのが良い。さらに、焼結体中に分散される前記硬質粒子としてはMo粒子径よりも大きいものを選択して、Mo粒子間の焼結性を阻害しないようにすることが好ましい。

- [0150] また、本実施形態による焼結摺動材料において、前記Moの含有量を35〜65重量%の範囲で調整することにより、前記青銅合金-Mo系焼結体の熱膨張係数が $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ にされているのが好ましい。例えば、支持体に形成された軸受面とタービンの軸部との間に浮動ブッシュが介挿されてなるターボチャージャ装置においては、タービンの軸部と浮動ブッシュとの間のクリアランス、および浮動ブッシュと支持体との間のクリアランスがそれぞれ厳重に管理されて、高速回転時の潤滑油による流体潤滑性が確保されるようにされている。一般に鋼製であるタービンの軸部や铸铁製の支持体との熱膨張差(鋼、铸铁の熱膨張係数; $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$)による浮動ブッシュとのクリアランス量が大きく変化しないようにすることが、摺動抵抗性を増して焼付き等の不具合を未然に防ぐことになる。

本実施形態によれば、Moの含有量を35〜65重量%の範囲で調整することにより、前記青銅合金-Mo系焼結体の熱膨張係数が $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ にされているので、例えば前記浮動ブッシュの構成材料として、または同浮動ブッシュの摺動面部位に配される摺動材料として用いられて好適な焼結摺動材料を得ることができる。

- [0151] 以上、説明したように、本実施形態によれば、前記センタハウジング105に形成された軸受面に摺接する浮動ブッシュ106の外周面、および前記タービンシャフト102に摺接する浮動ブッシュ106の内周面に、それぞれ本発明に係る焼結摺動材料107が固定されることで形成される摺動面部が配されているので、耐焼付き性、耐摩耗性に優れたターボチャージャ装置101を得ることができる。しかも、従来のPbを含有してなる浮動ブッシュにおいて問題とされていた、Pbの欠乏およびCuSの堆積によって引き起こされる潤滑能力の低下や、環境悪化の問題を招くようなことがないという利

点がある。

- [0152] なお、本実施形態のターボチャージャ装置1においては、タービンシャフト102と浮動ブッシュ106との間のクリアランス、および浮動ブッシュ106とセンタハウジング105との間のクリアランスがそれぞれ厳重に管理されて、高速回転時の潤滑油による流体潤滑性が確保されるようにされている。一般に鋼製であるタービンシャフト102や鋳鉄製のセンタハウジング105との熱膨張差による浮動ブッシュ106とのクリアランス量が大きく変化しないようにすることが、摺動抵抗性を減じて焼付き等の不具合を未然に防ぐことになる。したがって、本実施形態における浮動ブッシュ106の基材材料としては、熱膨張係数が $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ の鋼、鋳鉄、Fe系焼結材料であることが経済的な観点からも好ましい。ここで特に、浮動ブッシュ6の基材材料として潤滑油を含有できる多孔質Fe基金系焼結材料を採用すると、稼動初期において潤滑油が十分に供給されない状態での凝着を確実に防止することができるという利点がある。
- [0153] また、前記浮動ブッシュ106の内周面に前記焼結摺動材料107を固定するのが困難である場合には、図18(b)に示されるように、前記センタハウジング105に形成された軸受面に摺接する浮動ブッシュ106'の外周面、および浮動ブッシュ106'の内周面に摺接するタービンシャフト102'の外周面に、それぞれ本発明に係る焼結摺動材料107'を固定することで形成される摺動面部を配するようにするのが良い。このようにしても、本実施形態と同様の作用効果を得ることができる。
- [0154] また、本実施形態の浮動ブッシュ106(106')およびタービンシャフト102(102')における各基材への前記焼結摺動材料107(107')の固定の手段としては、かしめ、圧入、嵌合、クリンチ、焼結接合、溶浸接合、接着、ボルト締め、ろう付け等が挙げられるが、固定の接合強度的な観点からすると、焼結接合、溶浸接合、ろう付けが好ましい。
- [0155] また、前記焼結摺動材料107(107')の歩留りを高めるためと、潤滑油による流体潤滑性を高める経常的対策として、円筒状に成形される前記焼結摺動材料107(107')に所要の丸孔やスリットを形成し(図19参照)、この丸孔やスリットが形成された焼結摺動材料107A、107Bを、摺動面部に配するように前記浮動ブッシュ106(106')およびタービンシャフト102(102')の各基材に固定するのが好ましい。

- [0156] また、前記各焼結摺動材料107(107')を作製する際に成形されるMoを主体とした薄肉円筒状の成形体を製造する方法としては、微細なMo粉末を原料とすることから(後の実施例にて詳述する)、原料粉末に有機系潤滑剤をその原料粉末に対して2〜8重量%を添加してなる造粒粉末をプレス成形する方法、有機系潤滑剤を原料粉末に対して6〜12重量%添加した混練原料を射出成形もしくは押出し成形する方法、液体媒体にMo粉末を分散させて成形する混漿法などが好適な例として挙げられる。
- [0157] また、前記焼結摺動材料107(107')において、耐凝着性としてはMo金属相を主体とした、Moを主体とする合金相であっても良い。また、Moとほぼ同様の機能を発揮すると予想されるW金属相についても適用できる。
- [0158] また、耐凝着性に優れた硬質粒子を0.1〜5重量%の範囲で前記焼結摺動材料107(107')に分散させれば、当該焼結摺動材料107(107')の耐摩耗性が顕著に向上する。したがって、前記焼結摺動材料107(107')に、TiN, CrN, TiC, WC等のような窒化物、炭化物、炭窒化物、その他の SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 等からなる熱衝撃性の高い酸化物、複合酸化物や Fe_3P 等の燐化物、NiAl, Fe_3Al , TiAl, FeCo, MoFe, Fe_2Ti 系等の金属間化合物などが含有されるのが好ましい。
- [0159] また、本実施形態による摺動部材は、すべり軸受機能が付与された焼結摺動体を有する摺動部材であって、
前記焼結摺動体は、MoまたはMoにCu, Ni, FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量%以下含有させたMo合金からなる気孔率が10〜40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、Pb, Sn, Bi, ZnおよびSbからなる群から選ばれる1種以上が主体となり、融点が450℃以下に調整された低融点金属もしくはその合金が充填されているものであっても良い。
- [0160] また、本発明に係る摺動部材は、すべり軸受機能が付与された焼結摺動体を有する摺動部材であって、
前記焼結摺動体は、Moが5〜75重量%含有し、Snが5〜20重量%含有する青銅合金相からなり、かつ相対密度が90%以上の青銅合金-Mo系焼結体からなるものであっても良い。

[0161] また、本発明に係る摺動部材は、すべり軸受機能が付与された焼結摺動体を有する摺動部材であって、

前記焼結摺動体は、Mo粉末成形体の焼結とともに青銅合金系溶浸剤が溶浸されて形成され、かつMoが35〜75重量%含有する青銅合金-Mo系焼結体からなるものであっても良い。

[0162] 上記それぞれの摺動部材によれば、高速・高温摺動および高面圧・高速摺動下で使用されるすべり軸受として用いられて好適な摺動部材を得ることができる。

[0163] また、本実施形態による摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、

前記焼結摺動体は、MoまたはMoにCu、Ni、FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量%以下含有させたMo合金からなる気孔率が10〜40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、Pb、Sn、Bi、ZnおよびSbからなる群から選ばれる1種以上が主体となり、融点が450℃以下に調整された低融点金属もしくはその合金が充填されているものであっても良い。

[0164] また、本実施形態による摺動部材において、前記多孔質焼結体には、Mo相または青銅相より硬質な金属間化合物、炭化物、窒化物、酸化物及びフッ化物からなる群から選ばれる1種以上からなる硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で分散されていることが好ましい。また、前記金属間化合物はMoNi系、MoFe系、MoCo系、FeAl系、NiAl系、NiTi系、TiAl系、CoAl系、及びCoTi系からなる群から選ばれた少なくとも一の金属間化合物であり、前記窒化物はTiN、CrNおよび Si_3N_4 からなる群から選ばれた少なくとも一つであり、前記酸化物は、NiO、 Cu_2O 、CoO、 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 からなる群から選ばれた少なくとも一つであることが好ましい。またさらに、相手材料に対するアタック性を考慮して、ピッカース硬さHvが1000を越える硬質粒子の粒径は、10 μm 以下、好ましくは5 μm 以下に調整することとした。

[0165] また、本実施形態による摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、

前記焼結摺動体は、Moが5〜75重量%含有し、Snが5〜20重量%含有する青銅合金相からなり、かつ相対密度が90%以上の青銅合金-Mo系焼結体からなるも

のであっても良い。

[0166] また、本実施形態による摺動部材において、前記青銅合金相には、0.2～5重量%のTi、0.2～14重量%のAl、0.2～15重量%のPb、0.1～1.5重量%のP、0.1～10重量%のNi、0.1～5重量%のCo、0.1～10重量%のMnおよび0.1～3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されていることが好ましい。さらに、耐サルファーアタック性を改善する場合、1～5重量%のNi、0.5～5重量%のAl、1～10重量%のZnのうち1種以上が含有されていることが好ましい。

[0167] また、本実施形態による摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、

前記焼結摺動体は、Mo粉末成形体の焼結とともに青銅合金系溶浸剤が溶浸されて形成され、かつMoが35～75重量%含有する青銅合金-Mo系焼結体からなるものであっても良い。

[0168] また、本実施形態による摺動部材において、前記Mo粉末成形体には、5～60体積%の固体潤滑剤および硬質粒子分散材の少なくとも一方が混合されていることも可能である。

[0169] また、本実施形態による摺動部材において、前記青銅合金-Mo系焼結体には、Mo相および青銅相より硬質な金属間化合物、炭化物、窒化物、酸化物およびフッ化物からなる群から選ばれる1種以上からなる硬質粒子が0.2～10体積%の範囲で分散されていることも可能である。また、前記金属間化合物は、MoNi系、MoFe系、MoCo系、FeAl系、NiAl系、NiTi系、TiAl系、CoAl系、CoTi系からなる群から選ばれる1種以上であり、前記窒化物はTiN、CrN、 Si_3N_4 からなる群から選ばれる1種以上であり、前記酸化物は、NiO、 Cu_2O 、CoO、 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 からなる群から選ばれる1種以上であることが好ましい。

[0170] また、本実施形態による摺動部材においては、前記Moの含有量を35～65重量%の範囲で調整することにより、前記青銅合金-Mo系焼結体の熱膨張係数が $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ にされていることが好ましい。

[0171] 上記それぞれの摺動部材によれば、裏金によって剛性が確保されるので、当該裏金に固定される焼結摺動体は所期の摺動性能を発揮させるに必要な分だけで済む

ことになり所望の摺動性能を確保しつつ低コスト化を図ることが可能になる。

- [0172] また、本実施形態による摺動部材において、前記裏金は、熱膨張係数が $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ の範囲にある鋼製、鋳鉄製もしくはAl-Si系合金製のものであることも可能である。このような裏金とすることにより、例えば前述のターボチャージャ装置における浮動ブッシュとして用いられて好適な摺動部材とすることができる。
- [0173] また、本実施形態による摺動部材において、前記焼結摺動体は、焼結接合、焼結溶浸接合、ろう付け、かしめ、嵌合、圧入、接着、ボルト締結およびクリンチ結合のうちのいずれかにより前記裏金に固定されることが可能である。
- [0174] ところで、前記青銅合金-Mo系焼結体においてはCu合金の液相焼結過程において高密度化が図られていることから、裏金に対して前記焼結摺動体を焼結接合することで、両者を極めて簡便に固定することができる。また、前記青銅合金-Mo系焼結体に少なくともTiが含有されることによって、顕著に焼結接合性が高められるので、裏金材として安価な黒鉛が分散した鋳鉄を利用することができる。さらに、例えば、鋼や鋳鉄製の円筒状裏金内周面に前記焼結摺動材料を焼結接合する場合においては、前記青銅合金-Mo系焼結体に当該青銅合金-Mo系焼結体を膨張させるAlおよびSiの少なくとも一方を添加することが好ましく、同時に最終焼結温度においてはその焼結体が高密度になるようにTi, Ni, Sn等の添加量を調整することがより好ましい(本出願人の先願に係る特開平10-196552号公報参照)。
- [0175] そこで、本実施形態による摺動部材において、前記焼結摺動体は前記裏金に焼結接合により固定され、当該焼結摺動体に係る青銅合金相には、0.5重量%以上のTiおよびAlの少なくとも一方が含有されているのが好ましい。
- [0176] また、本実施形態による摺動部品は、MoまたはMoにCu, Ni, FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量%以下含有させたMo合金からなる気孔率が10~40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、Pb, Sn, Bi, ZnおよびSbからなる群から選ばれる1種以上が主体となり、融点が450℃以下に調整された低融点金属もしくはその合金が充填されている焼結摺動材料で形成された摺動面を有するものであっても良い。
- [0177] また、本実施形態による摺動部品において、前記多孔質焼結体には、Mo相または

青銅相より硬質な金属間化合物、炭化物、窒化物、酸化物及びフッ化物からなる群から選ばれる1種以上からなる硬質粒子が0.2～10体積%の範囲で分散されていることも可能である。また、前記金属間化合物はMoNi系、MoFe系、MoCo系、FeAl系、NiAl系、NiTi系、TiAl系、CoAl系、及びCoTi系からなる群から選ばれる1種以上の金属間化合物であり、前記窒化物はTiN、CrNおよび Si_3N_4 からなる群から選ばれる1種以上であり、前記酸化物は、NiO、 Cu_2O 、CoO、 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 からなる群から選ばれる1種以上であることが好ましい。

- [0178] 本実施形態による摺動部品は、Moが5～75重量%含有し、Snが5～20重量%含有する青銅合金相からなり、かつ相対密度が90%以上の青銅合金-Mo系焼結体からなる焼結摺動材料で形成された摺動面を有することを特徴とする。
- [0179] また、本実施形態による摺動部品において、前記青銅合金相には、0.2～5重量%のTi、0.2～14重量%のAl、0.2～15重量%のPb、0.1～1.5重量%のP、0.1～10重量%のNi、0.1～5重量%のCo、0.1～10重量%のMnおよび0.1～3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されていることが好ましい。
- [0180] また、本実施形態による摺動部品は、Mo粉末成形体の焼結とともに青銅合金系溶浸剤が溶浸されて形成され、かつMoが35～75重量%含有する青銅合金-Mo系焼結体からなる焼結摺動材料で形成された摺動面を有するものであっても良い。
- [0181] また、本実施形態による摺動部品において、前記Mo粉末成形体には、5～60体積%の固体潤滑剤および硬質粒子分散材の少なくとも一方が混合されていることも可能である。
- [0182] また、本実施形態による摺動部品において、前記青銅合金-Mo系焼結体には、Mo相および青銅相より硬質な金属間化合物、炭化物、窒化物、酸化物およびフッ化物からなる群から選ばれる1種以上からなる硬質粒子が0.2～10体積%の範囲で分散されていることも可能である。また、前記金属間化合物は、MoNi系、MoFe系、MoCo系、FeAl系、NiAl系、NiTi系、TiAl系、CoAl系、CoTi系からなる群から選ばれる1種以上であり、前記窒化物はTiN、CrN、 Si_3N_4 からなる群から選ばれる1種以上であり、前記酸化物は、NiO、 Cu_2O 、CoO、 TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 からなる群から選ばれる1種以上であることが好ましい。

- [0183] また、本実施形態による摺動部品においては、前記Moの含有量を35〜65重量%の範囲で調整することにより、前記青銅合金-Mo系焼結体の熱膨張係数が $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ にされていることが好ましい。
- [0184] 上記それぞれの摺動部品によれば、高面圧・高速摺動下においても摺動時の馴染みに優れて良好な耐焼付き性、耐摩耗性を示す摺動部品を提供することができる。
- [0185] また、本実施形態による摺動部品は、上述した摺動部品であって、ターボチャージャ装置に用いられる浮動ブッシュ、タービンのいずれかからなるものであっても良い。
- [0186] また、本実施形態によるターボチャージャ装置は、上述した摺動部品が少なくとも1つまたは本実施形態の摺動部材が組み込まれてなるものであっても良い。
- [0187] 本実施形態によれば、耐焼付き性、耐摩耗性に優れたターボチャージャ装置を得ることができる。
- [0188] (第4の実施形態)
- 図20は、本発明の第4の実施形態に係る斜板式油圧ピストンポンプの要部構造を説明する図である。
- [0189] 本実施形態に係る斜板式油圧ピストンポンプ111においては、ドライブシャフト112とシリンダブロック113とが同軸上に配置され、シリンダブロック113と共に回転するピストン114の一端部に嵌め込まれる球状頭部を有してなるピストンシュー115を、ドライブシャフト112に対して傾斜配置されるロッカカム116に対して摺動させることにより、ピストン114をシリンダブロック113内で往復運動させ、これによりバルブプレート117の吸入ポート117aを介して吸い込まれた油を高圧にしてそのバルブプレート117の吐出ポート117bから吐出するように構成されている。なお、ロッカカム116の傾斜は、クレードル118との摺動面に沿った回転により変更され、吐出油量の調整に用いられる。
- [0190] ところで、この斜板式油圧ピストンポンプ111の高出力化で不可欠なことは、油圧の高圧化と高流量化であって、ピストンシュー115とロッカカム116との摺動性の改善、並びにロッカカム116とピストン114との傾斜角度を大きくすることによって高圧油の吐出量を多くすることが重要である。そこで、本実施形態のピストンシュー115におい

ては、図21(a)および(b)に示されるように、本発明に係る焼結材料119を当該ピストンシュー115の基材に固定することで形成される摺動面部Hを設けるようにされている。これにより、当該斜板式油圧ピストンポンプ111の高出力化が可能になる。なお、参照符号115a(120a)で示されるのは、油供給路であり、参照符号115b(120b)で示されるのは、油潤滑溝である。

[0191] なお、本実施形態の斜板式油圧ピストンポンプ111とは型式が異なるラジアル式油圧ピストンポンプ(図示省略)においても、そのピストンシュー120の摺動面部H'(図21(c)参照)、またはそのピストンシュー120の摺動相手であるカムリング(図示省略)の摺動面部、その他シリンダブロックとピントルの摺動面部に、本実施形態と同様に本発明に係る焼結摺動材料を配することで、当該ラジアル式油圧ピストンポンプの高出力化を図ることができる。また、図示による詳細説明は省略するが、本実施形態の斜板式油圧ピストンポンプ111およびラジアル式油圧ポンプのそれぞれとその基本構成を一にする斜板式油圧ピストンモータおよびラジアル式油圧ピストンモータにおいても、本発明の主旨に沿えば、本実施形態と同様の作用効果を得ることができるといえる。

[0192] また、本実施形態においては、ピストンシュー115が、当該ピストンシュー115の基材に本発明に係る焼結材料119が焼結接合または溶浸接合によって固定されてなるものを示したが、これに限られず、図22に示すように、ピストンシューの基材に本発明に係る焼結材料119'が圧入・嵌合によって固定されてなるピストンシュー115'のような態様であっても良い。

[0193] (第5の実施形態)

図23(a)は、本発明の第3の実施形態に係る斜軸式油圧ピストンポンプの要部構造を説明する図であり、図23(b)は、図23(a)におけるQ部拡大図である。

[0194] 本実施形態に係る斜軸式油圧ピストンポンプ121においては、ドライブシャフト122に対しシリンダブロック123が傾斜して配置され、そのドライブシャフト122の駆動にて、当該ドライブシャフト122の円板状端部122aに形成された球面凹部と嵌合する球状頭部を一端部に具備してなるピストンロッド124、およびそのピストンロッド124と嵌め合い係合するピストン125を介してシリンダブロック123を、センタシャフト126の

軸心Sを中心に回転させることにより、ピストン125をシリンダブロック123内で往復運動させ、これによりバルブプレート127の吸入ポート127aを介して吸い込まれた油を高圧にしてそのバルブプレート127の吐出ポート127bから吐出するように構成されている。

[0195] ところで、前記ピストンロッド124およびセンタシャフト126のそれぞれにおける球状頭部の球面部位での摺動速度は、0.1m/sec以下と極めて遅く、その摺動面での潤滑状態が境界潤滑になりやすいために、従来は異音の発生が起りやすい問題があった。そこで、本実施形態においては、ピストンロッド124およびセンタシャフト126のそれぞれにおける球状頭部の球面部位に、本発明に係る焼結摺動材料128を焼結接合または溶浸接合することによって形成される摺動面部を配するようにされている(図23(b)参照)。これにより、従来問題となっていた異音の発生を未然に防ぐことが可能になる。なお、ドライブシャフト122の円板状端部122aにおける球面凹部の球面部位に、前記焼結摺動材料128を配することによっても、本実施形態と同様に異音の発生を未然に防ぐことができる。

[0196] 本実施形態に係る摺動部品は、上述した摺動部品であって、油圧ピストンポンプまたは油圧ピストンモータ装置に用いられるシリンダブロック、バルブプレート、ロッカカム、クレードル、ピストン、ピストンシュー、カムリング、ピントル、ピストンロッド、およびドライブシャフトのうちのいずれかからなるものであっても良い。

[0197] 本実施形態によれば、高面圧・高速摺動下においても摺動時の馴染みに優れて良好な耐焼付き性、耐摩耗性を示す摺動部品を提供することができる。

[0198] また、本実施形態に係る油圧ピストンポンプまたは油圧ピストンモータ装置は、前記摺動部品が少なくとも1つまたは本実施形態の摺動部材が組み込まれてなるものであっても良い。

[0199] 本実施形態によれば、当該油圧ピストンポンプまたは油圧ピストンモータ装置の高圧化、高速化およびコンパクト化を図ることができる。

[0200] (実施例3)

次に、本発明の具体的な実施例について、図面を参照しつつ説明する。

[0201] (焼結摺動材料の製造法とその検証)

本実施例においては、Mo(1)粉末(平均粒径 $0.8\mu\text{m}$)およびMo(2)粉末(平均粒径 $4.7\mu\text{m}$)のそれぞれに対して、3重量%のパラフィンワックスを配合して、内径が46mm、高さが50mmの円筒形状に $2\text{ton}/\text{cm}^2$ の加圧力で成形した。そして、得られた各成形体を、 $950\sim 1250^\circ\text{C}$ で1hr焼結した後に、 N_2 ガスで冷却した。

[0202] ここで、基本となるMo(1)粉末を主体とする成形体(成形体密度 $4.65\text{gr}/\text{cm}^3$)は、 950°C で既に顕著な収縮性を示してその焼結性が発現され、 1100°C 、 1150°C 、 1200°C のそれぞれにおいてその焼結性はほぼ飽和するものの収縮率14.6%の顕著な収縮性を示し、相対密度で74%(気孔率41%)にまで密度の向上が図られた。一方、Mo(2)粉末を主体とする成形体(成形体密度 $5.82\text{gr}/\text{cm}^3$)においては、焼結により収縮率4.5%の収縮性を示し、十分な焼結性が確保されることが分かった。

[0203] そして、Mo(1)粉末を主体とする成形体から作製された焼結体(以下、単に「Mo(1)焼結体」という。)、およびMo(2)粉末を主体とする成形体から作製された焼結体(以下、単に「Mo(2)焼結体」という。)のいずれにおいても、相対密度が約66~74%で、約26~34体積%の気孔率を有する高強度な多孔質体となることが確認された。

[0204] ところで、従来のCu系、Fe系焼結含油軸受の気孔は、主にSnやCuの流出孔を利用したものであることから、その気孔径が $10\sim 40\mu\text{m}$ 程度の粗大なものとなっている。このことは、摺動面での気孔の早期閉塞化を防止する上で有利に働くものの、一方においては、1)摺動面に作用する油圧の逃げを大きくして、境界潤滑下での潤滑油膜の形成を難しくする、2)摺動面における潤滑油のポンプ作用が小さくなるために、潤滑油が気孔から顕著に流出する、3)重力の影響によって潤滑油が摺動面に偏在するようになり、荷重が作用する方向によっては潤滑油不足による早期の焼付きが生じる恐れがある、などの問題を有している。

[0205] これに対し、本実施例の例えばMo(1)焼結体においては、 1185°C で焼結された当該Mo(1)焼結体の断面組織写真が示された図24(a)および同焼結体の破断面組織写真が示された同図(b)から明らかなように、平均サイズが $0.3\mu\text{m}$ 以下の微細な気孔がきめこまかに分散されているとともに、それら気孔が通じ合って構成されるスケルトン構造になっている。したがって、このMo(1)焼結体によれば、浸透力が極め

て大きくなるために、潤滑油等を多量に含油させることができるとともに、摺動中において当該焼結体からの潤滑油等の流出を極めて少なくすることができ、従来のCu系、Fe系焼結含油軸受が有する先の問題を本質的に解決し得ることは極めて明らかであるといえる。さらに、当該Mo(1)焼結体中における銅合金相が極めて均一に分散されるので、組織的強度の高い焼結摺動材料を得ることができる。

[0206] また、従来、Mo粉末の焼結体は、水素気流中において2300～2500℃で焼結されるのが一般的であり、またその時の成形密度は9.2～9.5gr/cm³(相対密度;90～93%、収縮率17.5～20%)であり、しかもその後に施される熱間加工によって更に高密度化されているが、焼結温度が1150℃の予備焼結レベルでは殆ど焼結が進行せず、1300℃の焼結温度において2～4%程度の収縮率を示すという難焼結材料であった。

[0207] これに対し、本実施例では、0.01～1torrレベルの真空焼結を実施して、原料の粉末表面に形成される低融点Mo酸化物[例えば、MoO₃(融点;795℃、沸点;1151℃)]による液相を発生させて焼結を促進させるようにされている。このことを如実に表わす図24(c)の組織写真にて示されるように、低融点酸化物が液相化することで焼結が部分的にまとまって顕著に促進された痕跡が散見され、またこの焼結が顕著に促進された部位においては、冷却過程で部分的にクラックが発生していることがうかがえる。このことから、Mo金属粉末にMoO₃等の低融点Mo酸化物を積極的に添加することで液相焼結性を高め、また焼結温度を適宜高温側に移させることによりその低融点Mo酸化物を還元または同酸化物の酸素成分を揮発除去するで、高密度なMo焼結体を得られ、また焼結時の酸素ポテンシャルを制御することによっても高密度化が図られる。

[0208] なお、前記低融点Mo酸化物の例として挙げたMoO₃に代えて、真空焼結にて容易に還元されるNi, Fe, Cu, Co, Sn等の酸化物(例えば、NiO, CoO, FeO, CuO等)を添加して、Mo金属粉末の焼結性を促進する酸素源とすることも好ましい。この際の酸化物の添加量は、従来の液相焼結が10体積%で完全に緻密化されていることを勘案すれば、酸素添加量として0.1～3.0重量%程度で十分である。

[0209] また、前記Mo(1)焼結体およびMo(2)焼結体において、各焼結体のヤング率は、

各焼結体に所定の割合で含有されている気孔の影響により、金属Moのヤング率 30000kgf/mm^2 の30～50%程度にまで低減され、銅系溶製材料程度の当り性が実現されることが分かった。また、各焼結体の硬さ(1150℃焼結時)については、Mo(1)焼結体が $H_v=92$ で、Mo(2)焼結体が $H_v=66$ であり、摺動材料として馴染みに優れた硬さに達することと、より組織的に微細なMo(1)焼結体の方がMo(2)よりも高硬度・高強度化されることが確認された。また、Mo(1)焼結体に比し硬度、強度がやや劣るMo(2)焼結体であっても、その圧環強度が、一般的な含油軸受の圧環強度(15kgf/mm^2 以上、引張強度約 7kgf/mm^2 以上)を十分に達成することが確認された。したがって、これらMo焼結体中の気孔に低融点合金を溶浸させることによって、ターボチャージャのような高速・高温摺動下での摺動面潤滑用低融点合金(Pb等)の供給性が確保され、かつ前記焼結気孔径が小さいことによる流体潤滑性が確保されやすい焼結摺動材料が提供でき、さらに、その低融点合金の溶浸性を改善するために、少なくともPbとMoとの親和性に優れたTi, Mg, Te, Ca, Ba, Se, の1種以上およびPbへの固溶性に優れMoとの親和性に優れたCu, Ni, Co, Alの1種以上の少なくとも一方が含有されていることが必要である。なお、溶浸方法としては、前記Mo焼結体上に前記低融点金属を配置して、450℃以上の真空、還元もしくは中性雰囲気中で加熱する方法であってもよいが、450℃以上の低融点合金液中に前記Mo焼結体を浸漬して、加圧溶浸させることが溶浸の確実性を確保する観点から好ましい。また、これら低融点合金材料の室温における強度が数 kgf/mm^2 程度であることから、その焼結摺動材料の強化に寄与するといえる。

- [0210] さらに、本実施例においては、Mo(1)粉末の成形体を1000～1200℃で焼結する際に、Cu-10重量%Sn(溶浸剤1)の成形体をそのMo(1)粉末の成形体の上に配して焼結と同時に溶浸させる溶浸焼結法を行うことにより、通気孔がなくて高密度な青銅合金-Mo系溶浸焼結体を製造した。また、Cu-20重量%Sn(溶浸剤2)の成形体とMo(1)粉末の成形体とから先の溶浸焼結法により青銅合金-Mo系溶浸焼結体を製造した。さらに、溶浸剤1の成形体とMo(2)粉末の成形体とを用いて青銅合金-Mo系溶浸焼結体を、溶浸剤2の成形体とMo(2)粉末の成形体とを用いて青銅合金-Mo系溶浸焼結体を、それぞれ先の溶浸焼結法により製造した。なおここで、

前記溶浸剤1および溶浸剤2の成形体は、いずれのものも所定の電解銅粉末(CE15)、#250メッシュ以下のSnアトマイズ粉末、および有機潤滑剤からなる混合粉末に対して $4\text{ton}/\text{cm}^2$ の加圧力を作用させてMo(1)およびMo(2)粉末の成形体と同様に円筒形状で、かつ溶浸量を合わせるためにその高さ寸法を適宜調整するようにして成形されたものである。

- [0211] そして、この溶浸焼結法を用いた青銅合金-Mo系溶浸焼結体の製造方法によって、例えば、Mo(1)粉末の成形体においては、溶浸焼結前の成形体密度が $4.65\text{gr}/\text{cm}^3$ (相対密度;約46%に相当)であったものが、溶浸剤2を用いた 1150°C の溶浸焼結後に、その成形体密度が $9.31\text{gr}/\text{cm}^3$ にまで高められ、またその硬さがHv325にまで硬化されることが確認された。
- [0212] また、Mo(1)粉末の成形体と溶浸剤2とから製造された青銅合金-Mo系溶浸焼結体の組織写真が示されている図25(a)、およびMo(2)粉末の成形体と溶浸剤2とから製造された青銅合金-Mo系溶浸焼結体の組織写真が示されている同図(b)から明らかなように、いずれの青銅合金-Mo系溶浸焼結体においても、その組織中における気孔が殆ど無くなり、組織的強度が高められていることが分かる。また、より細粒のMo(1)粉末(平均粒径 $0.8\mu\text{m}$)が用いられてなる同図(a)の青銅合金-Mo系溶浸焼結体は、そのMo(1)粉末よりも粗いMo(2)粉末(平均粒径 $4.7\mu\text{m}$)が用いられてなる同図(b)の青銅合金-Mo系溶浸焼結体と比較して、極めて微細で均一な組織となっており、同図(a)に示される青銅合金-Mo系溶浸焼結体の方が同図(b)に示される青銅合金-Mo系溶浸焼結体よりも高硬度、高強度で、かつ摺動特性に優れることが分かる。
- [0213] また、Mo(1)粉末の成形体およびMo(2)粉末の成形体のそれぞれに対して先の溶浸焼結法を施す場合の寸法収縮率を調べると、Mo(1)粉末の成形体に先の溶浸焼結法を施した場合には、 1000°C で10%、 1150°C で8.1%、 1200°C で7.3%の収縮率であるのに対して、Mo(2)の成形体に先の溶浸焼結法を施した場合には、3.7%以内の収縮率で収まることが分かった。そして、この収縮率の差が焼結体の骨格となるMo金属粉末の焼結性に最も影響され、特にSnを多量に含有する青銅合金の溶浸焼結ではSnの蒸発との関係から 1150°C 以下の温度で実施するのが好まし

いことが分かった。さらにまた、本実施例に係る溶浸焼結法が、Mo金属相を35〜70体積%含有し、その残部がCuまたはCu合金相からなる高密度な焼結摺動材料を製造する方法として極めて好ましいことも分かった。

[0214] さらに、Mo金属粉末(Mo(1)粉末、Mo(2)粉末)に予め耐摩耗性を高める硬質粒子(例えば、TiC, TiN, TiCN, W, CrN, フェロモリブデン(例えば50〜70重量% Mo-Fe), Si_3N_4 等)や固体潤滑剤(例えば CaF_2 , 黒鉛等)を添加してなる粉末成形体に対して先の溶浸焼結法を施すことで、より高強度で潤滑性能に優れる無給脂焼結摺動材料を形成することができる。とりわけ、微細なMo粉末を利用することにより、Mo粒子より大きくて軟質な固体潤滑剤を多量に添加した場合においても、高強度を担保しつつ摺動性能に優れた焼結摺動材料とすることができる(例えば、本出願人の既提案に係る特許3214862号公報参照)。このことから、例えば油圧ショベル等の作業機連結装置において、作業機連結ピンおよび軸受ブッシュのうちの少なくとも1種を、固体潤滑剤を含有するMo系またはMo-Cu(Cu合金)系の焼結摺動材料が固定されてなるものとするにより、当該作業機連結装置を、長期間の給脂間隔もしくは給脂無しで使用可能な連結装置とすることができる。なおここで、固体潤滑剤の好ましい大きさがMo粉末径の約3倍以上、より好ましくは5倍以上であることは、図24(a)(b)の模式図に示される幾何学的な関係から導き出せる。

[0215] さらに、本実施例では、電解Cu粉末(CE15、福田金属社製)と前記Mo(2), Sn, TiH, Pb粉末および#350メッシュ以下のFe27重量%Pを用いて表5の組成となるようにMoが重量%で0, 3, 5, 10, 15, 25重量%となるように配合し、成形後、850〜950℃で焼結し、その液相焼結性を調査した。なおここで、TiH, Pb, Fe27Pは、Mo粉末との濡れ性を改善するために添加されるものである。

[0216] [表5]

焼結摺動材料の配合(重量%)と定速摩擦摩耗試験結果

	Cu(CE15)	Mo(2)	Sn	Cu20Sn	TiH	Pb	Fe27P	865℃	限界焼付き	備考
								密度(gr/cm^3)	面圧(kgf/cm^2)	
B1	Bal.	0	6	28	0.7	8	1	8.5	300	
B2	Bal.	5	6	28		8		7.65	350	発泡有り
B3	Bal.	3	6	28	0.7	8	1	8.38	350	
B4	Bal.	5	6	28	0.7	8	1	8.6	450	
B5	Bal.	10	6	28	0.7	8	1	8.9	600	
B6	Bal.	15	6	28	0.7	8	1	9.1	650	
B7	Bal.	25	6	28	0.7	8	1	9.2*	700	
Mo溶射									650	
C(Mo(2)/Pb-1Ti)									850	
D(Mo(2)/Bi-4Ni)									800	
E(Mo(1)/Cu20Sn)									800	
F(Mo(2)/Cu20Sn)									750	
G(5重量%黒鉛)									800	
LBC4									250	異常摩耗
高力黄銅(P31C)**									350	

* 焼結温度865℃

** 中継合金

[0217] その結果、表5の右欄に記載するように、濡れ性の改善によって多量のMo粒子が分散した状態においてもより高密度な青銅合金-Mo系溶浸焼結体が得られることが分かった。また、図26(a)および同図(b)は、それぞれ表5中のNo. B4およびNo. B6の焼結体の焼結組織を表わしたものであって、いずれの場合においても極めて高密度に焼結化しており、またTi, Pbを添加して液相焼結時の濡れ性を改善したこのNo. B4, No. B6の焼結体においては、焼結温度を865℃に調整することによって焼結密度(焼結体中の気孔率)を十分に高めることができ、またそれらの焼結体の硬さがHv120, Hv145であり、高面圧下の摺動材料として十分な圧環強度、引張強度が得られることが分かった。そして、これら摺動材料は、油潤滑下での高速、軽負荷な摺動条件で用いられる摺動材料としても好適である。

[0218] (実施例4)

(定速摩擦摩耗試験)

本実施例では、図27に示される定速摩擦摩耗試験機を用いて、先の実施例で製作した青銅合金-Mo系溶浸焼結体の限界耐焼付き面圧もしくは異常摩耗発生面圧を調査した。また、Mo(2)焼結体にPb-1重量%Ti, Bi-4重量%Niを700℃で溶浸させた摺動材料(C), (D)、Mo(1)成形体およびMo(2)成形体のそれぞれに対してCu-20重量%Sn合金を溶浸させた摺動材料(E), (F)と黒鉛を0.1〜0.3mm

m径の水ガラスで造粒した黒鉛をMo(2)マトリックスに対して5重量%(約30体積%)分散させCu-20重量%Sn合金を溶浸させた摺動材料ブッシュ(G)についても実験に供した。さらに、比較材料としては、15重量%Pbを含有する鉛青銅溶製摺動材料と、特殊高力黄銅(PC31)と、試験片摺動面にMo金属をプラズマ溶射したもの(気孔率約10%)を準備した。なお、摺動試験条件は、SCM415に浸炭焼入れ焼戻し処理を施し、表面硬さがHRC60、表面粗さが $3\mu\text{m}$ 以下になるように調整した回転円盤を回転させながら、 60°C に過熱した#10エンジン油を摺動試験片前面に $5\text{cm}^3/\text{min}$ で滴下潤滑しながら、摩擦係数とそのときの摩耗量を計測するが、所定の面圧で2min間の異常が無い場合には、面圧を $50\text{kgf}/\text{cm}^2$ 単位で昇圧する操作を繰り返して、限界耐焼付き面圧もしくは異常摩耗発生限界面圧を調査した。

[0219] その結果を表5の右欄にまとめて示した。明らかにMoが5重量%以上の添加量とともに限界焼付き面圧が急激に改善され、Mo金属相の下限添加量が5重量%で、より好ましくは10重量%であり、その改善効果は、F供試材(70重量%Mo相当)で飽和し、Mo金属の優れた限界焼付き面圧に近づくことと経済的な観点からMo上限添加量を70重量%とすることが好ましいことが分かる(Moは最大90重量%まで添加可能)。

[0220] 尚、本発明は上記実施形態及び上記実施例に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施することが可能である。

図面の簡単な説明

[0221] [図1](a)は、本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルの全体を示す斜視図であり、(b)は、バケット連結部を説明する分解斜視図である。

[図2]本発明の第1の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造を説明する断面図である。

[図3](a)は、作業機ブッシュの構造を説明する断面図であり、(b)は、スラスト軸受の構造を説明する断面図である。

[図4]本発明の第2の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造を説明する断面図である。

[図5]作業機連結ピンの他の態様例を表わす図である。

[図6](a)ー(d')は、第1の実施形態における作業機ブッシュの他の態様例を表わす構造を説明する図である。

[図7]各種乾式複層軸受摺動部材の製造工程を表わす図である。

[図8]成形体、焼結体中における固体潤滑剤粒子とMo粉末の状態を表わす模式図であって、Mo粉末粒径と固体潤滑剤の大きさとの関係を表わす図である。

[図9](a)は、履帯アセンブリの概略構造を説明する図であり、(b)は、イコライザ機構を説明する模式図である。

[図10](a)は、サスペンション装置の要部構造を説明する図であり、(b)は、転輪アセンブリの要部構造を説明する図である。

[図11](a)は、微細粒径Mo粉末焼結体の組織であって断面組織を示す図であり、(b)は、破断面組織を示す図であり、(c)は、液相焼結が促進させた部位を表わす組織を示す図である。

[図12](a)は、溶浸同時焼結した焼結体の組織であって、No. A1に溶浸剤2で溶浸焼結した焼結体の組織を示す図であり、(b)は、No. A2溶浸剤2で溶浸焼結した焼結体の組織を示す図である。

[図13](a)は、No. B3(5重量%Mo)の焼結体の組織を示す図であり、(b)は、No. B5(15重量%Mo)の焼結体の組織を示す図である。

[図14](a)は、No. A9(50重量%Mo)の焼結体の組織を示す図であり、(b)は、No. A10(70重量%Mo)の焼結体の組織を示す図である。

[図15]軸受試験用軸受ブッシュの形状を表わす図である。

[図16]従来の焼結軸受の適用例を表わす図である。

[図17]本発明の第1の実施形態に係るターボチャージャ装置の概略構造を説明する図である。

[図18]図17に示すR部を拡大した図である。

[図19]油溝に供される丸孔やスリットが形成された焼結摺動材料の形状を例示する図である。

[図20]本発明の第4の実施形態に係る斜板式油圧ピストンポンプの要部構造を説明する図である。

[図21](a)はピストンシュウを一部破断して表わす側面図であり、(b)は(a)におけるP-P線に沿った断面図であり、(c)は他の態様例に係るピストンシュウを一部破断して表わす側面図である。

[図22]圧入・嵌合型のピストンシュウの構造を説明する図である。

[図23](a)は、本発明の第3の実施形態に係る斜軸式油圧ピストンポンプの要部構造を説明する図であり、(b)は、(a)におけるQ部拡大図である。

[図24]微細粒径のMo粉末焼結体の組織であって、(a)は断面組織を示す図であり、(b)は破断面組織を示す図であり、(c)は液相焼結が促進させた部位を表わす組織を示す図である。

[図25]溶浸同時焼結した焼結体の組織であって、(a)はMo(1)粉末成形体に溶浸剤2で溶浸焼結した焼結体の組織を示す図であり、(b)はMo(2)粉末成形体に溶浸剤2で溶浸焼結した焼結体の組織を示す図である。

[図26](a)はNo. B4(5重量%Mo)の焼結体の組織を示す図であり、(b)はNo. B6(15重量%Mo)の焼結体の組織を示す図である。

[図27]定速摩擦摩耗試験条件と試験片形状とを説明する図である。

[図28](a)は従来のターボチャージャにおける浮動ブッシュの摺動面近傍の組成像を表わす図であり、(b)はPbの分布状態を表わす図であり、(c)はFeの分布を表わす図である。

[図29](a)は従来のターボチャージャにおける浮動ブッシュの摺動面近傍の組成像を表わす図であり、(b)はPbの分布状態を表わす図であり、(c)はSの分布を表わす図である。

符号の説明

[0222]	2	作業機
	7	ブーム連結装置
	8	アーム連結装置
	9, 9A, 9B	バケット連結装置
	10, 26	作業機連結ピン
	11, 30	作業機ブッシュ

12	スラスト軸受
17, 20, 23, 27	基材(裏金)
18, 21, 24, 28	焼結摺動材料
19, 22, 25, 29	摺動面
33	履帯アッセンブリ
34	イコライザ機構
35	サスペンション装置
36	転輪アッセンブリ
101	ターボチャージャ装置
102	タービンシャフト
105	センタハウジング
106	浮動ブッシュ
107, 107A, 107B,	焼結摺動材料
111	斜板式油圧ピストンポンプ
115, 120	ピストンシュー
119, 119', 119''	焼結摺動材料
121	斜軸式油圧ピストンポンプ
124	ピストンロッド
128	焼結摺動材料

請求の範囲

- [1] CuまたはCu合金が10〜95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなることを特徴とする焼結摺動材料。
- [2] 前記焼結体は、Mo成形体の焼結と共にCuまたはCu合金が溶浸されてなるものであって、Moが35〜75重量%含有され、かつその気孔率が7体積%以下である請求項1に記載の焼結摺動材料。
- [3] 前記Mo成形体は平均粒径が10 μ m以下のMo粉末で構成され、さらに平均粒径が30 μ m以上の固体潤滑剤が5〜60体積%および／または硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で含有されている請求項2に記載の焼結摺動材料。
- [4] 前記焼結体中のCu合金相は、Snが5〜20重量%含有されている請求項1〜3のいずれかに記載の焼結摺動材料。
- [5] 前記焼結体中のCu合金相は、0.2〜5重量%のTi、0.2〜14重量%のAl、0.2〜15重量%のPb、0.1〜1.5重量%のP、0.1〜10重量%のZn、0.1〜10重量%のNi、0.1〜5重量%のCo、0.1〜10重量%のMnおよび0.1〜3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されている請求項4に記載の焼結摺動材料。
- [6] 裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、
前記焼結摺動体は、CuまたはCu合金が10〜95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなることを特徴とする摺動部材。
- [7] 前記焼結体は、Mo成形体の焼結と共にCuまたはCu合金が溶浸されてなるものであって、Moが35〜75重量%含有され、かつその気孔率が7体積%以下である請求項6に記載の摺動部材。
- [8] 前記Mo成形体は平均粒径が10 μ m以下のMo粉末で構成され、さらに平均粒径が30 μ m以上の固体潤滑剤が5〜60体積%および／または硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で含有されている請求項7に記載の摺動部材。
- [9] 前記焼結体中のCu合金相は、Snが5〜20重量%含有されている請求項6〜8のいずれかに記載の摺動部材。
- [10] 前記焼結体中のCu合金相は、0.2〜5重量%のTi、0.2〜14重量%のAl、0.2

〜15重量%のPb、0.1〜1.5重量%のP、0.1〜10重量%のZn、0.1〜10重量%のNi、0.1〜5重量%のCo、0.1〜10重量%のMnおよび0.1〜3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されている請求項9に記載の摺動部材。

- [11] 前記焼結摺動体の摺動面部位に凹部が形成されるとともに、その凹部に、潤滑油とワックス類からなる潤滑性組成物、潤滑性樹脂、固体潤滑剤、および固体潤滑剤とワックス類からなる潤滑性組成物のうちのいずれかが充填されている請求項6〜8のいずれかに記載の摺動部材。
- [12] 前記裏金は、すべり軸受の軸受裏金、回転体を支持する軸受軸の基材、および球面ブッシュの基材のうちいずれかである請求項6〜8のいずれかに記載の摺動部材。
- [13] 裏金鋼板に固定された焼結層と、
前記焼結層に潤滑組成物、潤滑性樹脂、および固体潤滑剤と樹脂からなる固体潤滑複合材のうち少なくとも一つを充填しつつライニングして形成された摺動面層と、を具備し、
前記焼結層は、Snが5〜20重量%含有される青銅合金が10〜95重量%含有され、残部がMoを主体とする混合粉末を前記裏金鋼板に散布して焼結接合することにより固定されたものであることを特徴とする摺動部材。
- [14] 前記摺動面層を内周面側または外周面側に配するように曲げて円筒状または略円筒状に成形されたことを特徴とする請求項13に記載の摺動部材。
- [15] 前記裏金鋼板は、前記焼結接合が施される面に予めCuメッキまたは青銅系、鉛青銅系、Fe-Cu-Sn系もしくはFe-Cu-Sn-Pb系の焼結材料が焼結接合されている請求項13または14に記載の摺動部材。
- [16] 前記混合粉末は、平均粒径が0.05〜2.0mmに造粒されている請求項13または14に記載の摺動部材。
- [17] 裏金鋼板に固定された焼結層と、
前記焼結層に散布された焼結摺動材料からなる小片と、
前記小片の周囲に配置された別体の青銅系焼結体と、を具備し、
前記焼結層は、青銅系、鉛青銅系、Fe-Cu-Sn系もしくはFe-Cu-Sn-Pb系の焼結材料を前記裏金鋼板に焼結接合することにより形成され、

前記小片が前記別体の青銅系焼結体中に含有されるようにして前記裏金鋼板に固定され、

前記焼結摺動材料は、CuまたはCu合金が10～95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が90%以上である焼結体からなることを特徴とする摺動部材。

[18] 前記焼結体は、Mo成形体の焼結と共にCuまたはCu合金が溶浸されてなるものであって、Moが35～75重量%含有され、かつその気孔率が7体積%以下である請求項17に記載の摺動部材。

[19] 前記Mo成形体は平均粒径が10 μ m以下のMo粉末で構成され、さらに平均粒径が30 μ m以上の固体潤滑剤が5～60体積%および／または硬質粒子が0.2～10体積%の範囲で含有されている請求項18に記載の摺動部材。

[20] 前記焼結体中のCu合金相は、Snが5～20重量%含有されるとともに、0.2～5重量%のTi、0.2～14重量%のAl、0.2～15重量%のPb、0.1～1.5重量%のP、0.1～10重量%のZn、0.1～10重量%のNi、0.1～5重量%のCo、0.1～10重量%のMnおよび0.1～3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されている請求項17～19のいずれかに記載の摺動部材。

[21] 一側の機械構成要素と、この一側の機械構成要素に支持される軸受軸およびその軸受軸に外嵌される軸受ブッシュを介して配される他側の機械構成要素とを、互いに回転または回動可能に連結する連結装置、もしくは一側の機械構成要素と、この一側の機械構成要素に支持される軸受軸およびその軸受軸に外嵌される軸受ブッシュを介して配される他側の機械構成要素とを、互いに回転または回動可能に連結し、かつ前記一側の機械構成要素と前記他側の機械構成要素との間に作用するスラスト荷重を受支するスラスト軸受を備えてなる連結装置において、

前記軸受軸、軸受ブッシュおよびスラスト軸受のうちの1種以上を摺動部材で構成し、

前記摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備え、

前記焼結摺動体は、CuまたはCu合金が10～95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなり、

前記裏金は、軸受裏金、軸受軸の基材、および球面ブッシュの基材のうちいずれ

かであることを特徴とする連結装置。

- [22] 一側の機械構成要素と、この一側の機械構成要素に支持される軸受軸およびその軸受軸に外嵌される軸受ブッシュを介して配される他側の機械構成要素とを、互いに回転または回動可能に連結する連結装置において、

前記軸受軸を摺動部材で構成するとともに、

前記軸受ブッシュを、硬化熱処理が施されていない鋼管で構成し、かつその鋼管における摺動面部位に所要の潤滑溝を形成し、

前記摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備え、

前記焼結摺動体は、CuまたはCu合金が10〜95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が80%以上である焼結体からなり、

前記裏金は、軸受軸の基材であることを特徴とする連結装置。

- [23] 一側の機械構成要素と、この一側の機械構成要素に支持される軸受軸およびその軸受軸に外嵌される軸受ブッシュを介して配される他側の機械構成要素とを、互いに回転または回動可能に連結する連結装置において、

前記軸受軸を摺動部材で構成するとともに、

前記軸受ブッシュを、Fe-C系、Fe-C-Cu系もしくはCu-Sn系合金の含油焼結材料で構成し、

前記摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備え、

前記焼結摺動体は、CuまたはCu合金が10〜95重量%含有され、残部がMoを主体とし、相対密度が90%以上である焼結体からなり、

前記裏金は、軸受軸の基材であることを特徴とする連結装置。

- [24] 前記焼結体は、Mo成形体の焼結と共にCuまたはCu合金が溶浸されてなるものであって、Moが35〜75重量%含有され、かつその気孔率が7体積%以下である請求項21〜23のいずれかに記載の連結装置。

- [25] 前記Mo成形体は平均粒径が10 μ m以下のMo粉末で構成され、さらに平均粒径が30 μ m以上の固体潤滑剤が5〜60体積%および／または硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で含有されている請求項24に記載の連結装置。

- [26] 前記焼結体中のCu合金相は、Snが5〜20重量%含有されるとともに、0.2〜5重

量%のTi、0.2～14重量%のAl、0.2～15重量%のPb、0.1～1.5重量%のP、0.1～10重量%のZn、0.1～10重量%のNi、0.1～5重量%のCo、0.1～10重量%のMnおよび0.1～3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されている請求項21～23のいずれかに記載の連結装置。

- [27] 前記一側の機械構成要素に対する前記軸受軸の被支持面部位に前記焼結摺動体が固定されている請求項21～23のいずれかに記載の連結装置。
- [28] 請求項21～23のいずれかに記載の連結装置は、作業機、クローラ式下部走行体におけるトラックリンク、同下部走行体における転輪装置、ブルドーザの車体を支えるイコライザ、およびダンブトラックのサスペンション装置のいずれかにおける連結部位の連結手段として用いられる連結装置。
- [29] MoまたはMoにCu、Ni、FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量%以下含有させたMo合金からなる気孔率が10～40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、潤滑油または潤滑油およびワックス類からなる潤滑組成物が充填されていることを特徴とする焼結摺動材料。
- [30] MoまたはMoにCu、Ni、FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量%以下含有させたMo合金からなる気孔率が10～40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、Pb、Sn、Bi、ZnおよびSbからなる群から選ばれる1種以上が主体となり、融点が450℃以下に調整された低融点金属もしくはその合金が充填されていることを特徴とする焼結摺動材料。
- [31] 前記多孔質焼結体には、Mo相または青銅相より硬質な金属間化合物、炭化物、窒化物、酸化物及びフッ化物からなる群から選ばれる1種以上からなる硬質粒子が0.2～10体積%の範囲で分散されている請求項29または30に記載の焼結摺動材料。
- [32] 前記金属間化合物はMoNi系、MoFe系、MoCo系、FeAl系、NiAl系、NiTi系、TiAl系、CoAl系、及びCoTi系からなる群から選ばれる1種以上の金属間化合物であることを特徴とする請求項31に記載の焼結摺動部材料。
- [33] 前記窒化物はTiN、CrNおよび Si_3N_4 からなる群から選ばれる1種以上であることを特徴とする請求項31に記載の焼結摺動部材料。

- [34] 前記酸化物は、 NiO 、 Cu_2O 、 CoO 、 TiO_2 、 SiO_2 および Al_2O_3 からなる群から選ばれる1種以上であることを特徴とする請求項31に記載の焼結摺動部材料。
- [35] Moが5〜75重量%含有し、Snが5〜20重量%含有する青銅合金相からなり、かつ相対密度が90%以上の青銅合金-Mo系焼結体からなることを特徴とする焼結摺動材料。
- [36] 前記青銅合金相は、0.2〜5重量%のTi、0.2〜14重量%のAl、0.2〜15重量%のPb、0.1〜1.5重量%のP、0.1〜10重量%のNi、0.1〜5重量%のCo、0.1〜10重量%のMnおよび0.1〜3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されている請求項35に記載の焼結摺動材料。
- [37] Mo粉末成形体の焼結とともに青銅合金系溶浸剤が溶浸されて形成され、かつMoが35〜75重量%含有する青銅合金-Mo系焼結体からなることを特徴とする焼結摺動材料。
- [38] 前記Mo粉末成形体には、5〜60体積%の固体潤滑剤および硬質粒子分散材の少なくとも一方が混合されている請求項37に記載の焼結摺動材料。
- [39] 前記青銅合金-Mo系焼結体には、Mo相および青銅相より硬質な金属間化合物、炭化物、窒化物、酸化物およびフッ化物からなる群から選ばれる1種以上からなる硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で分散されている請求項35〜38のいずれかに記載の焼結摺動材料。
- [40] 前記Moの含有量を35〜65重量%の範囲で調整することにより、前記青銅合金-Mo系焼結体の熱膨張係数が $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ にされている請求項35〜38のいずれかに記載の焼結摺動材料。
- [41] 焼結摺動体を有する摺動部材であって、
前記焼結摺動体は、MoまたはMoにCu、Ni、FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量%以下含有させたMo合金からなる気孔率が10〜40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、Pb、Sn、Bi、ZnおよびSbからなる群から選ばれる1種以上が主体となり、融点が450℃以下に調整された低融点金属もしくはその合金が充填されていることを特徴とする摺動部材。
- [42] 焼結摺動体を有する摺動部材であって、

前記焼結摺動体は、Moが5〜75重量%含有し、Snが5〜20重量%含有する青銅合金相からなり、かつ相対密度が90%以上の青銅合金-Mo系焼結体からなることを特徴とする摺動部材。

[43] 焼結摺動体を有する摺動部材であって、

前期焼結摺動体は、Mo粉末成形体の焼結とともに青銅合金系溶浸剤が溶浸されて形成され、かつMoが35〜75重量%含有する青銅合金-Mo系焼結体からなることを特徴とする摺動部材。

[44] 裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、

前記焼結摺動体は、MoまたはMoにCu、Ni、FeおよびCoからなる群から選ばれる1種以上を10重量%以下含有させたMo合金からなる気孔率が10〜40体積%の多孔質焼結体の気孔中には、Pb、Sn、Bi、ZnおよびSbからなる群から選ばれる1種以上が主体となり、融点が450℃以下に調整された低融点金属もしくはその合金が充填されていることを特徴とする摺動部材。

[45] 前記多孔質焼結体には、Mo相または青銅相より硬質な金属間化合物、炭化物、窒化物、酸化物及びフッ化物からなる群から選ばれる1種以上からなる硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で分散されている請求項41または44に記載の摺動部材。

[46] 裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、

前記焼結摺動体は、Moが5〜75重量%含有し、Snが5〜20重量%含有する青銅合金相からなり、かつ相対密度が90%以上の青銅合金-Mo系焼結体からなることを特徴とする摺動部材。

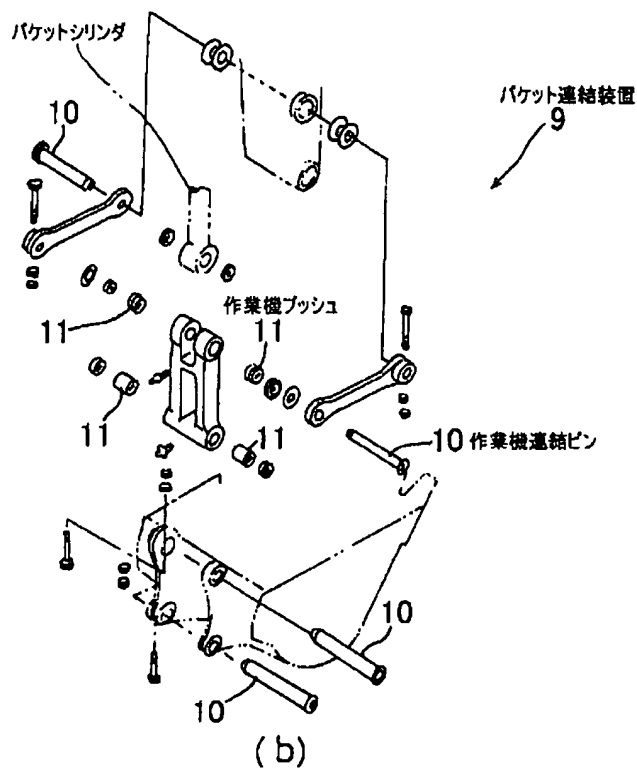
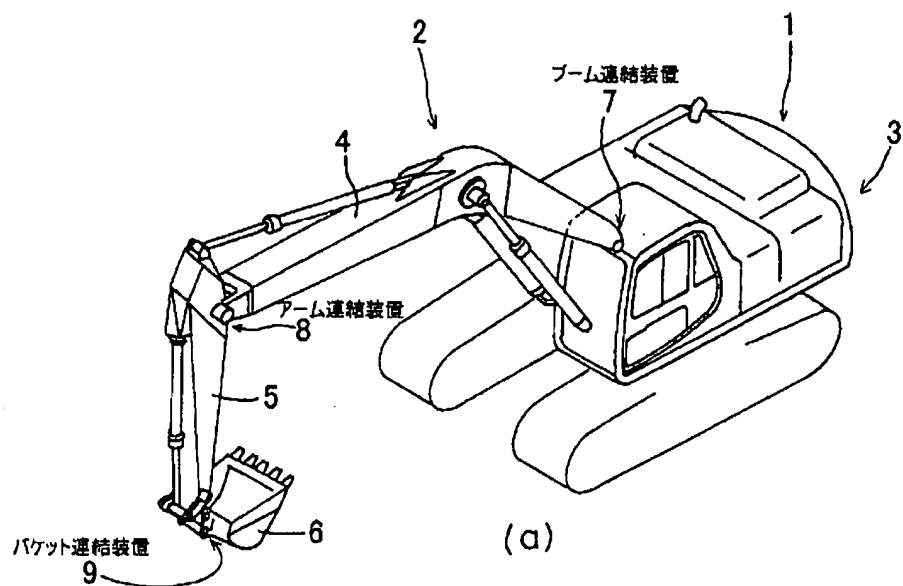
[47] 前記青銅合金相には、0.2〜5重量%のTi、0.2〜14重量%のAl、0.2〜15重量%のPb、0.1〜1.5重量%のP、0.1〜10重量%のNi、0.1〜5重量%のCo、0.1〜10重量%のMnおよび0.1〜3重量%のSiからなる群から選ばれる1種以上が含有されている請求項42または46に記載の摺動部材。

[48] 裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、

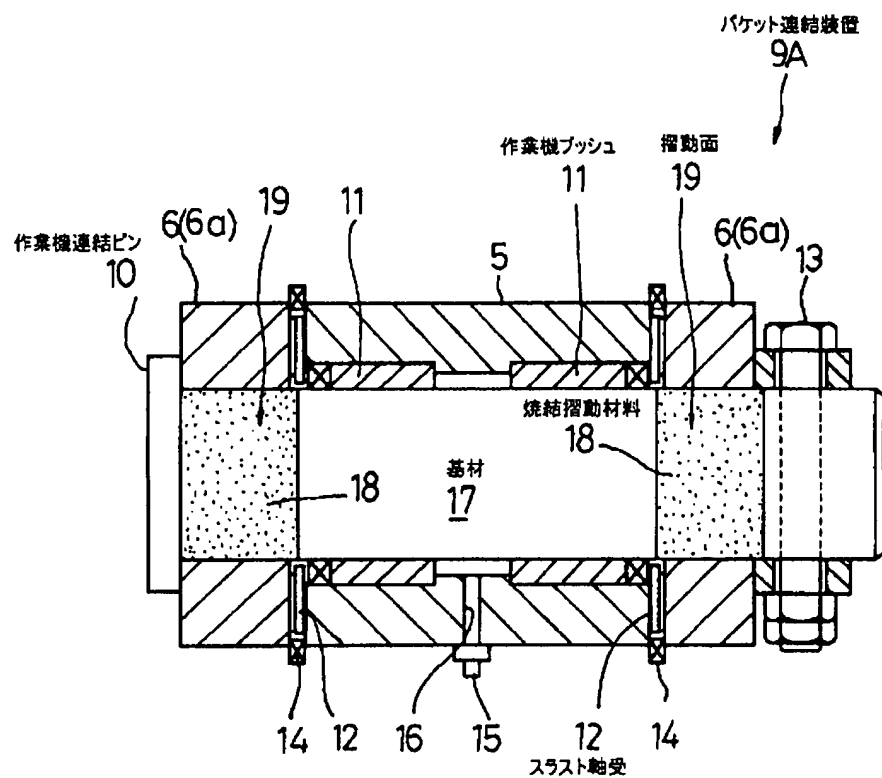
前記焼結摺動体は、Mo粉末成形体の焼結とともに青銅合金系溶浸剤が溶浸されて形成され、かつMoが35〜75重量%含有する青銅合金-Mo系焼結体からなることを特徴とする摺動部材。

- [49] 前記Mo粉末成形体には、5〜60体積%の固体潤滑剤および硬質粒子分散材の少なくとも一方が混合されている請求項43または48に記載の摺動部材。
- [50] 前記青銅合金-Mo系焼結体には、Mo相および青銅相より硬質な金属間化合物、炭化物、窒化物、酸化物およびフッ化物からなる群から選ばれる1種以上からなる硬質粒子が0.2〜10体積%の範囲で分散されている請求項42、43、46、48のいずれかに記載の摺動部材。
- [51] 前記Moの含有量を35〜65重量%の範囲で調整することにより、前記青銅合金-Mo系焼結体の熱膨張係数が $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ にされている請求項42、43、46、48のいずれかに記載の摺動部材。
- [52] 前記裏金は、熱膨張係数が $1.1 \sim 1.5 \times 10^{-5}$ の範囲にある鋼製、鋳鉄製もしくはAl-Si系合金製のものである請求項44、46、48のいずれかに記載の摺動部材。
- [53] 前記焼結摺動体は、焼結接合、焼結溶浸接合、ろう付け、かしめ、嵌合、圧入、接着、ボルト締結およびクリンチ結合のうちのいずれかにより前記裏金に固定される請求項6〜8、44、46、48のいずれかに記載の摺動部材。
- [54] 前記焼結摺動体は前記裏金に焼結接合により固定され、当該焼結摺動体に係る青銅合金相には、0.5重量%以上のTiおよびAlの少なくとも一方が含有されている請求項6〜8、44、46、48のいずれかに記載の摺動部材。
- [55] 請求項41〜44、46、48のいずれかに記載の摺動部材が組み込まれてなることを特徴とするターボチャージャ装置。
- [56] 請求項41〜44、46、48のいずれかに記載の摺動部材が組み込まれてなることを特徴とする油圧ピストンポンプまたは油圧ピストンモータ装置。

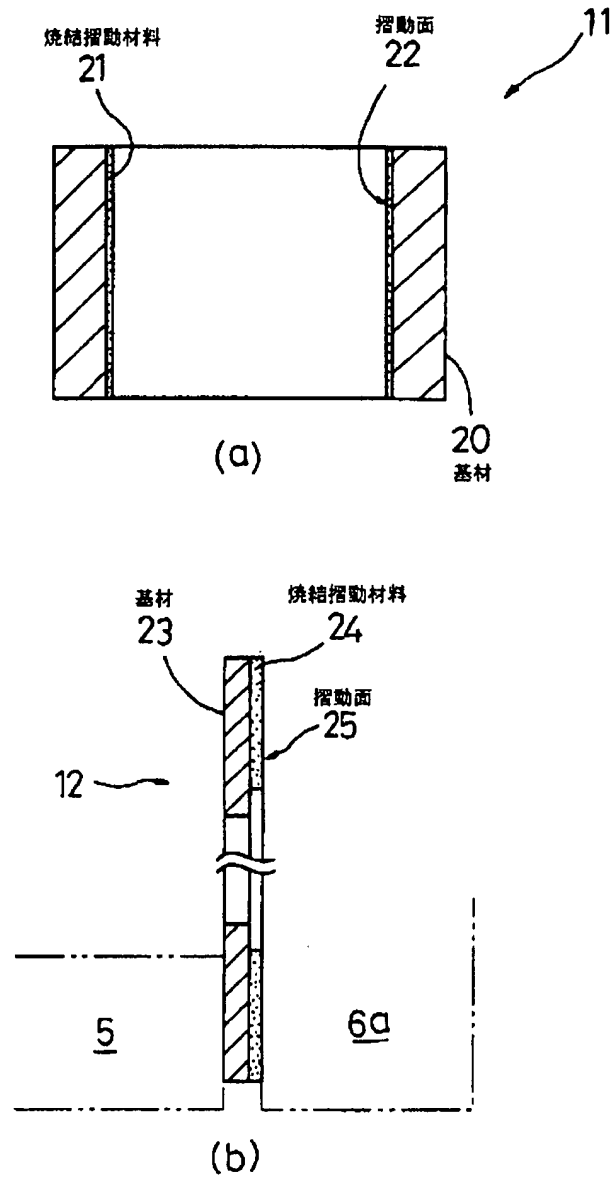
[図1]



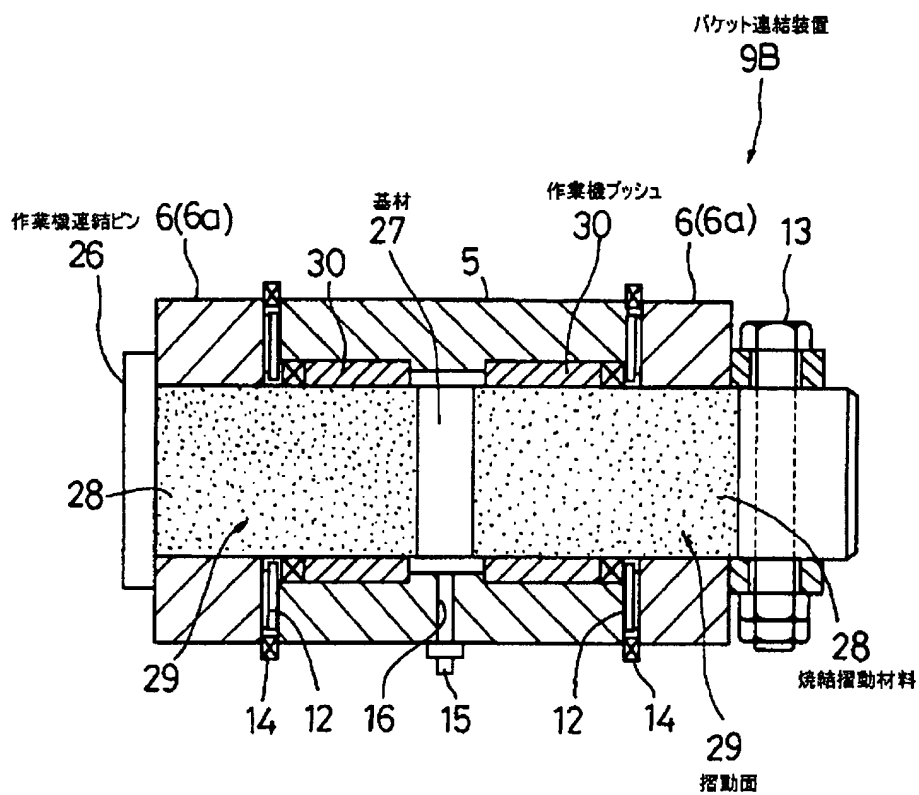
[図2]



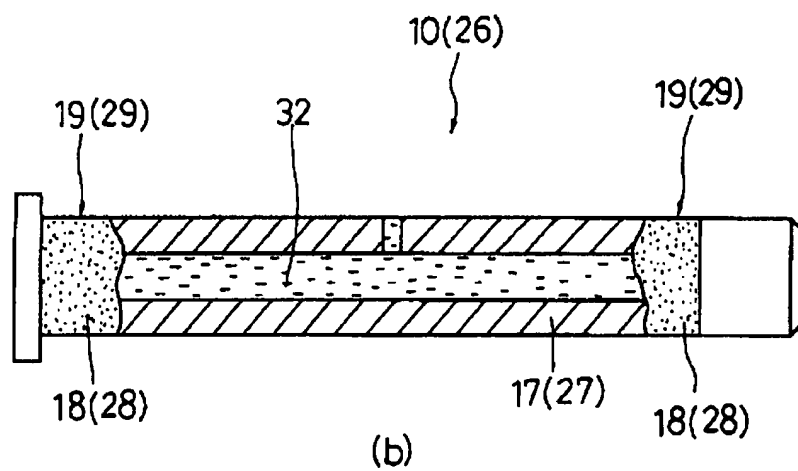
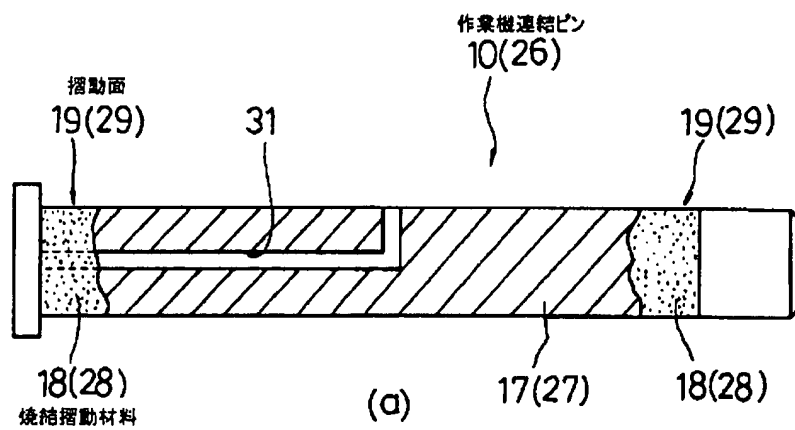
[図3]



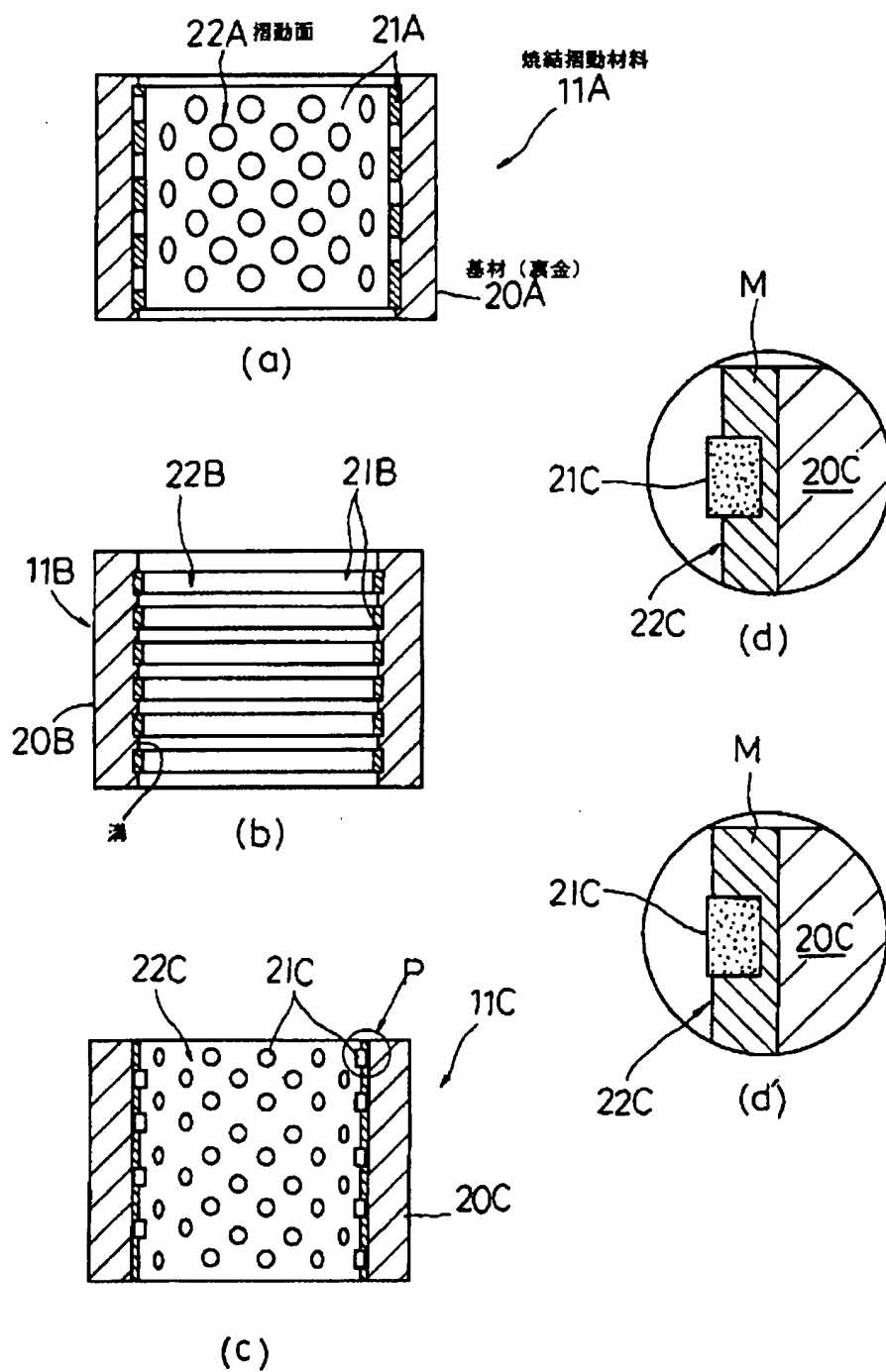
[図4]



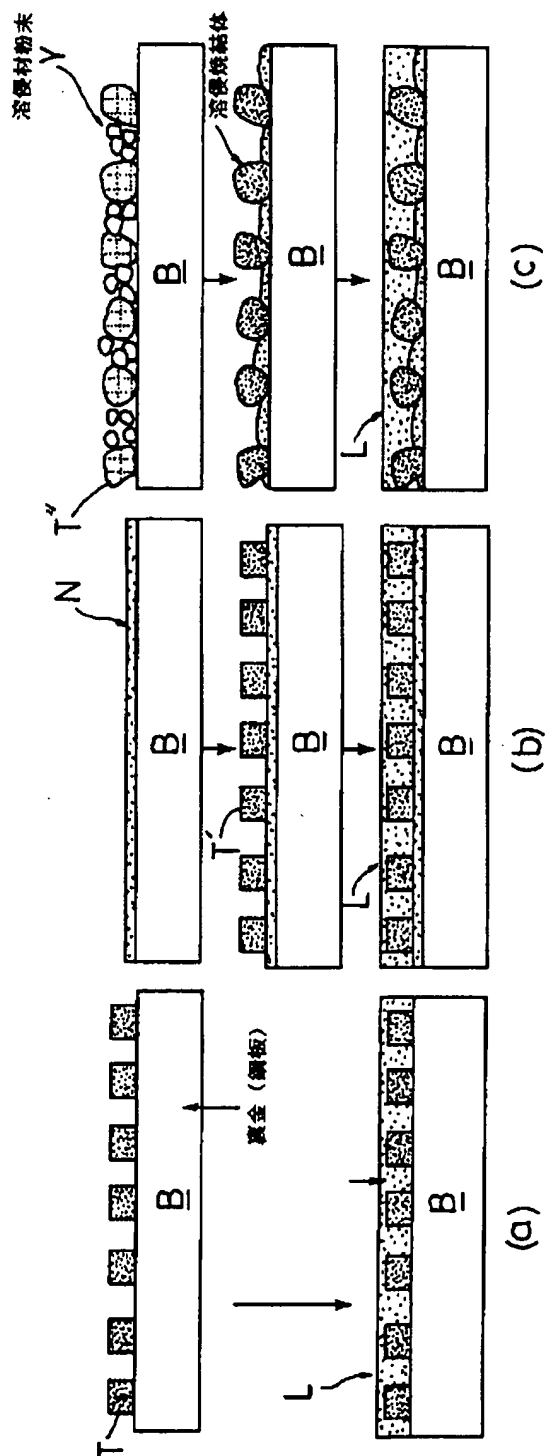
[図5]



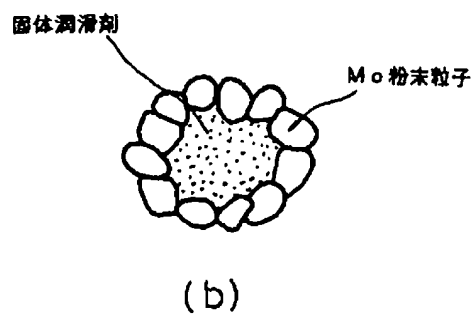
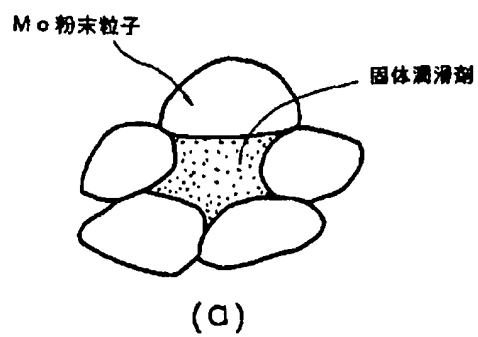
[図6]



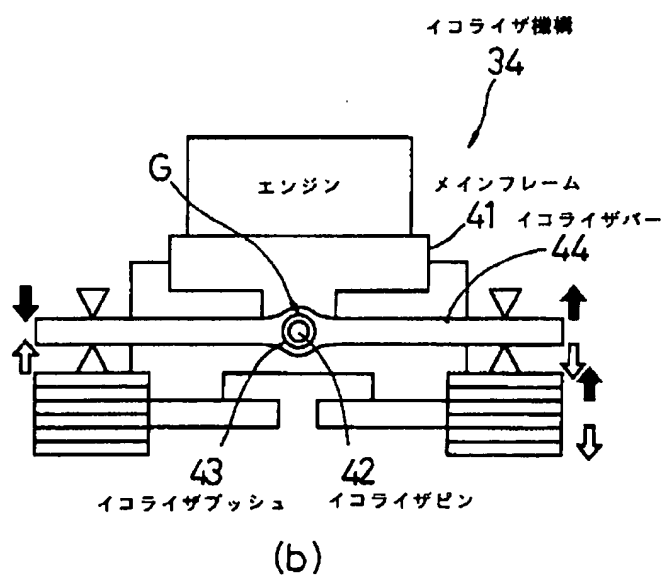
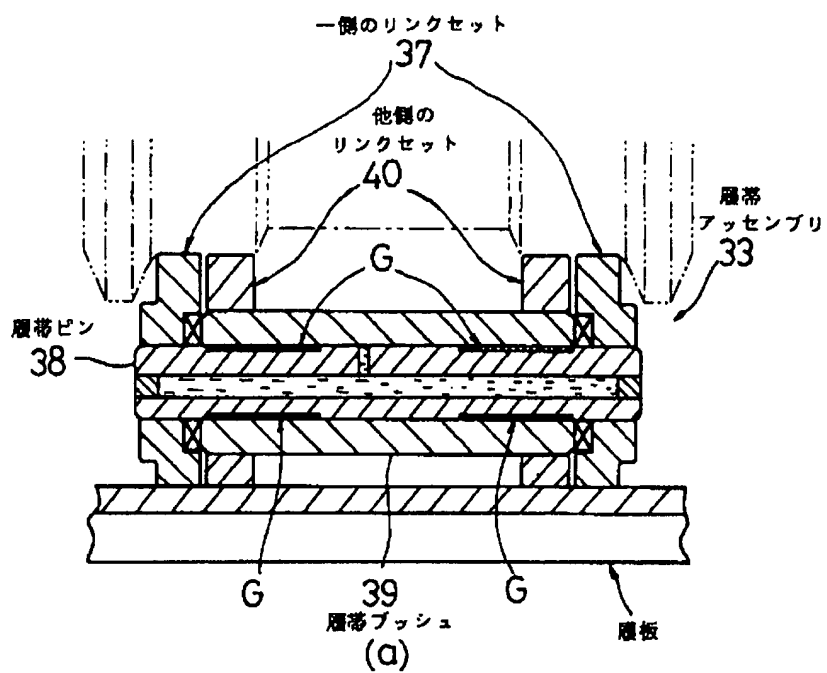
[図7]



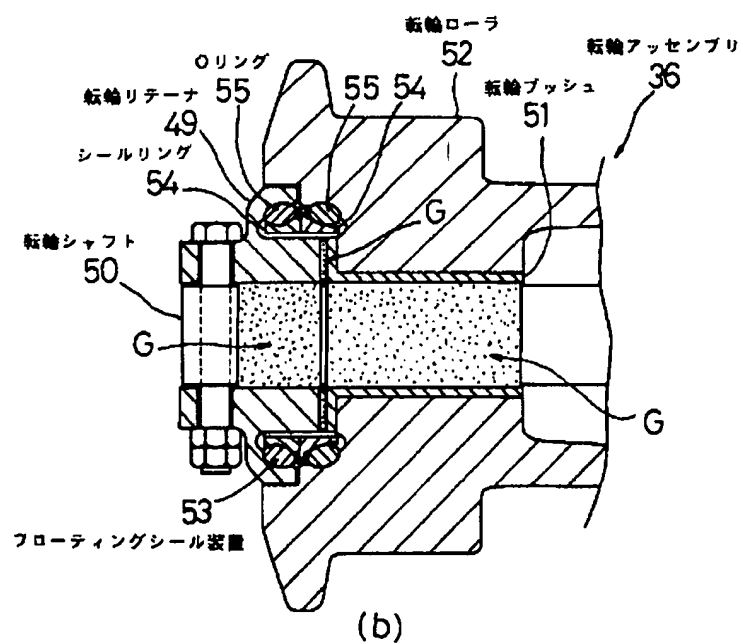
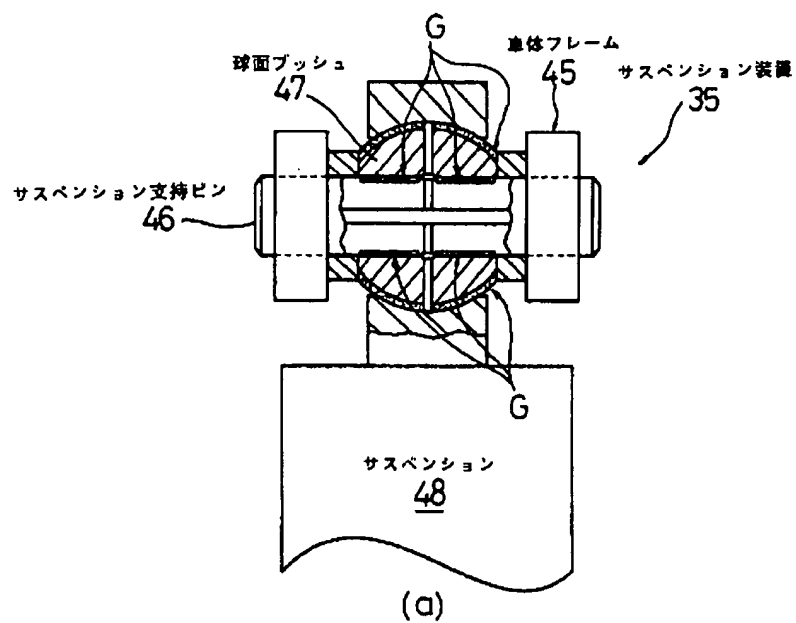
[図8]



[図9]

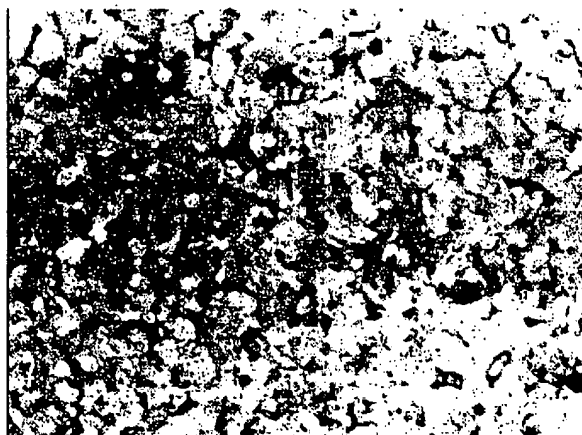


[図10]

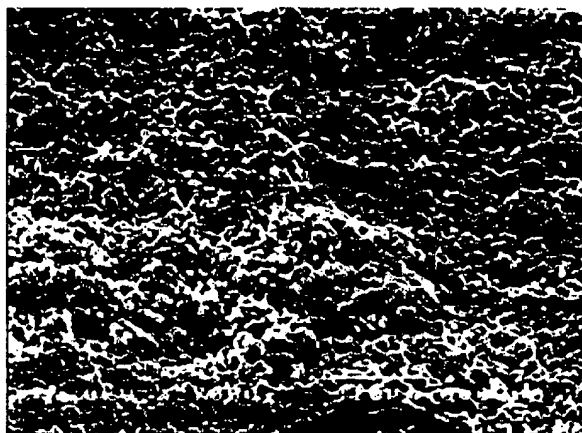


[図11]

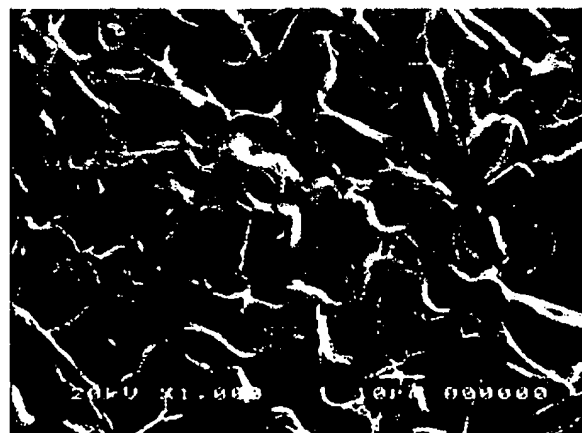
(a)



(b)

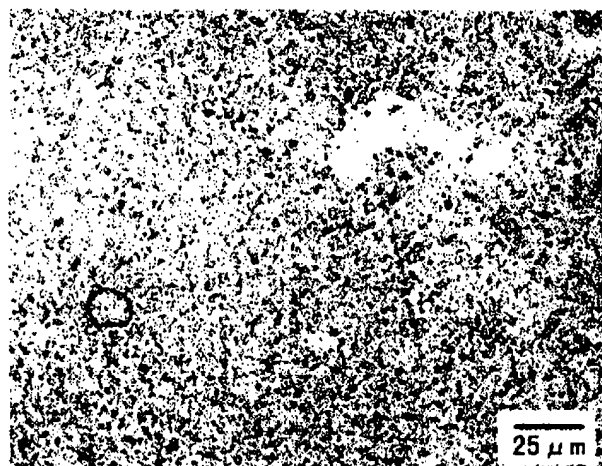


(c)

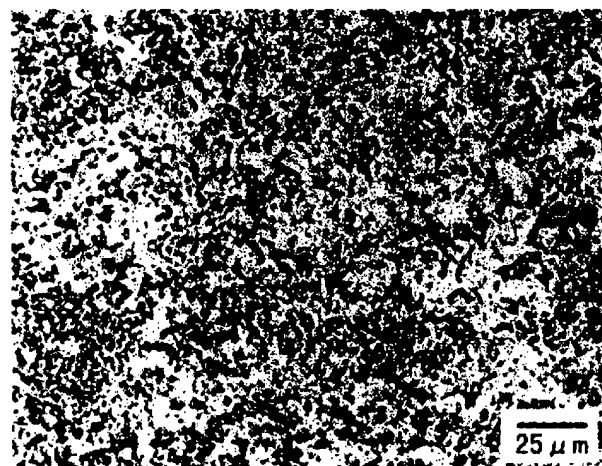


[図12]

(a)



(b)

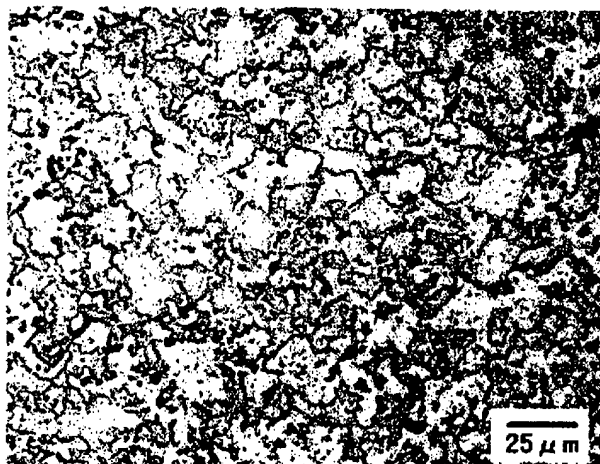


[図13]

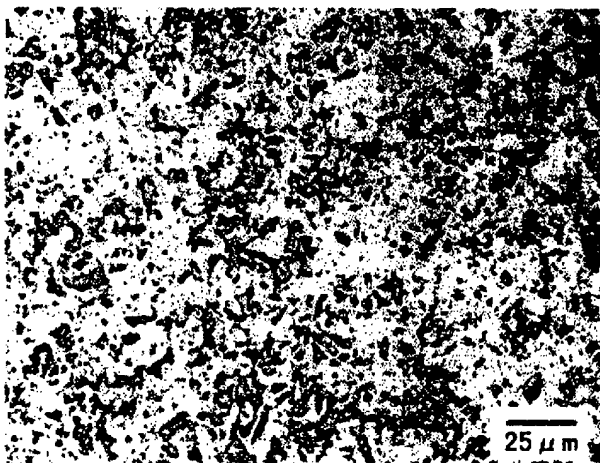


[14]

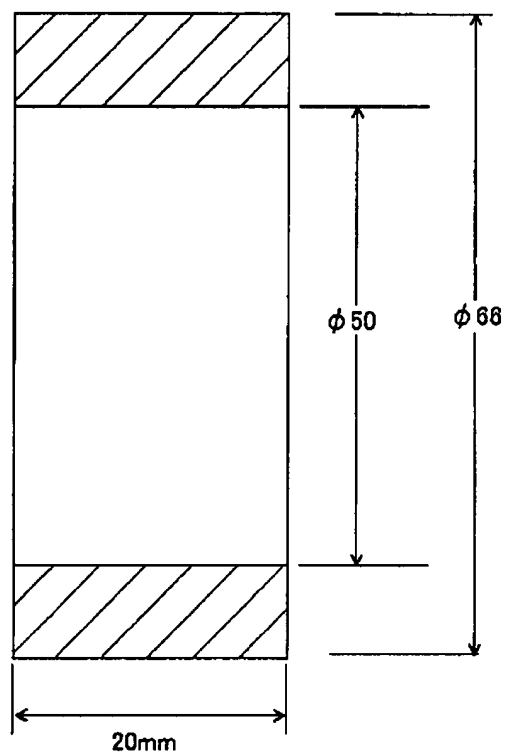
(a)



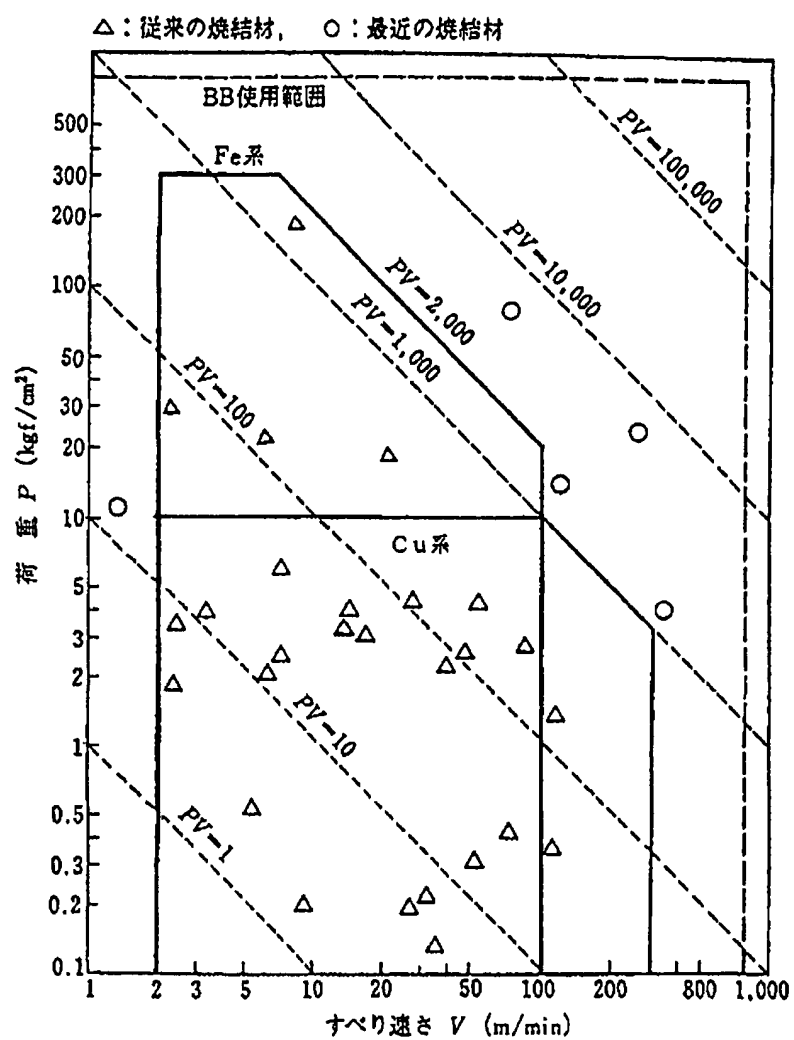
(b)



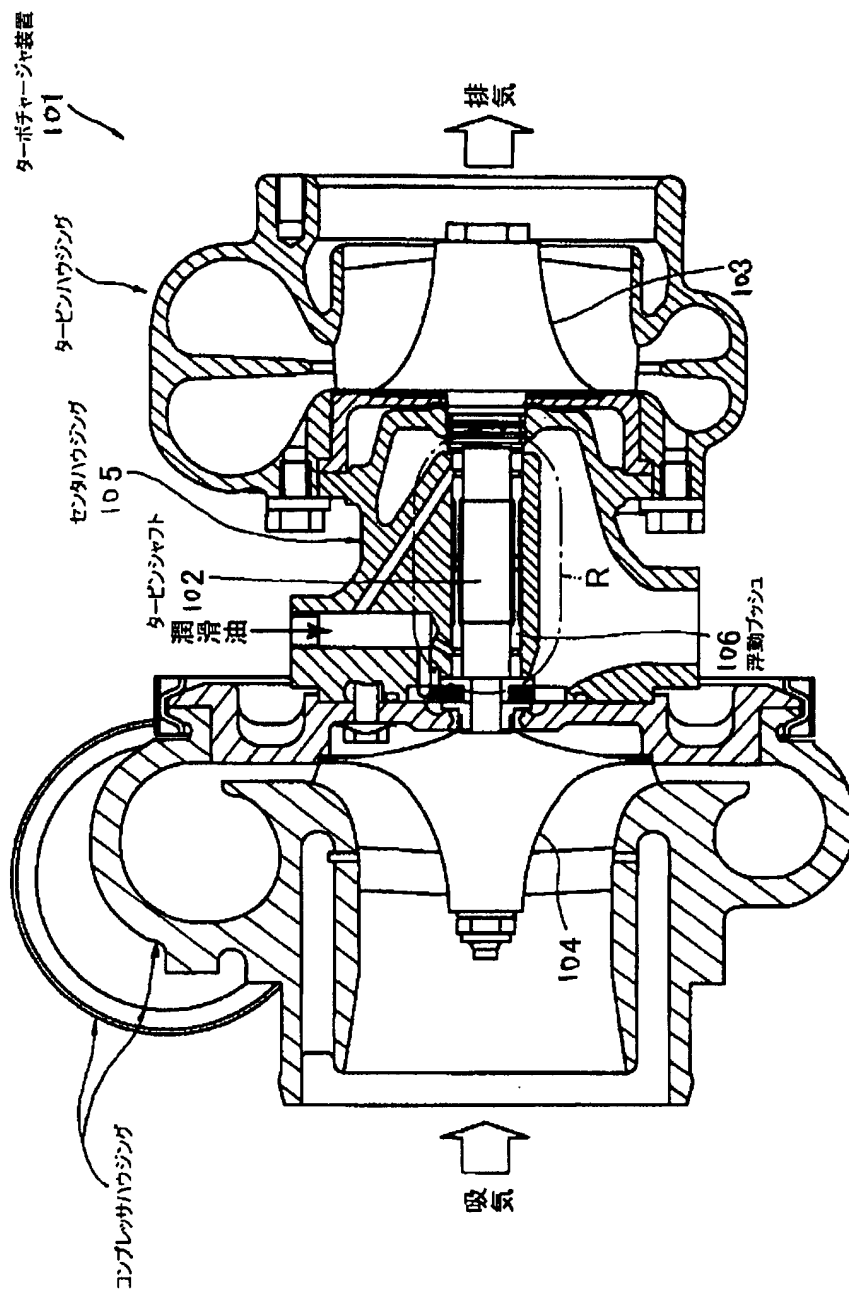
[図15]



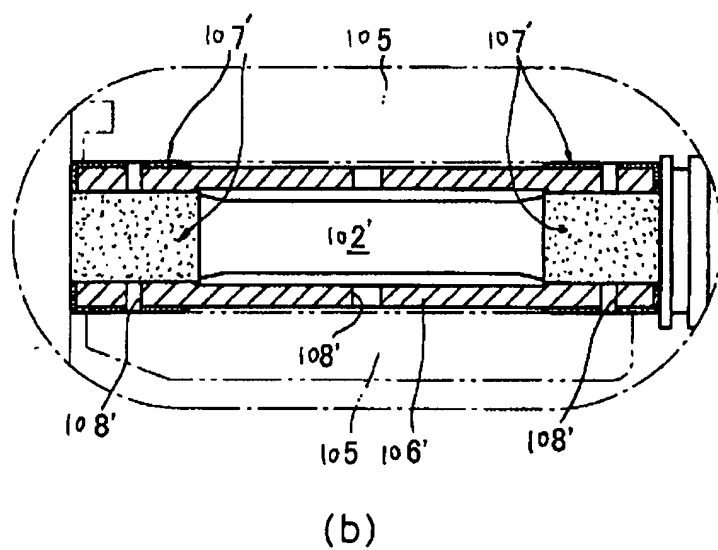
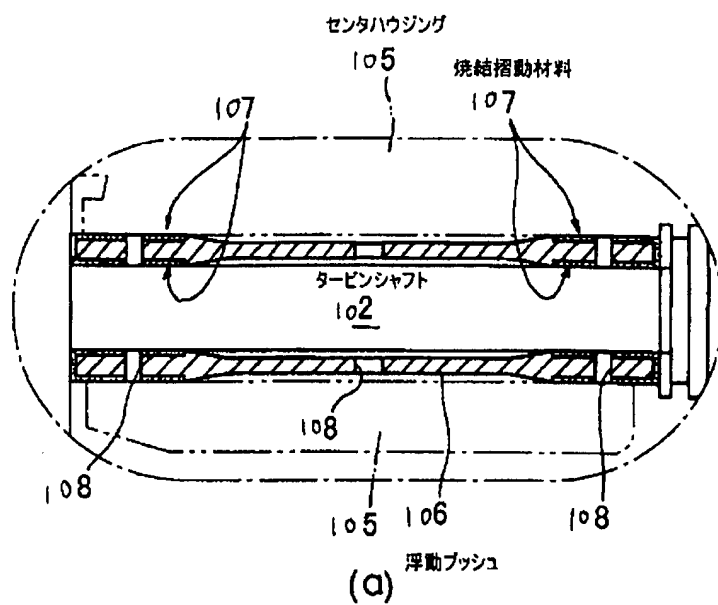
[図16]



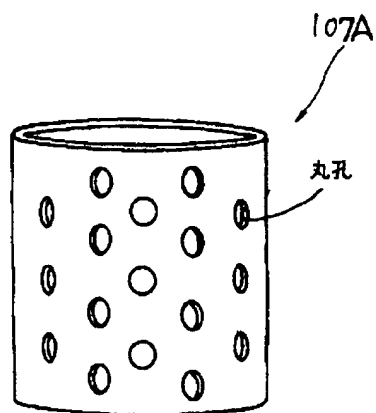
[図17]



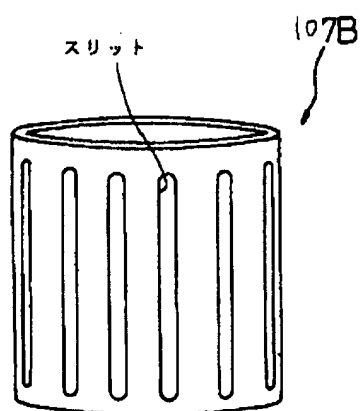
[図18]



[図19]

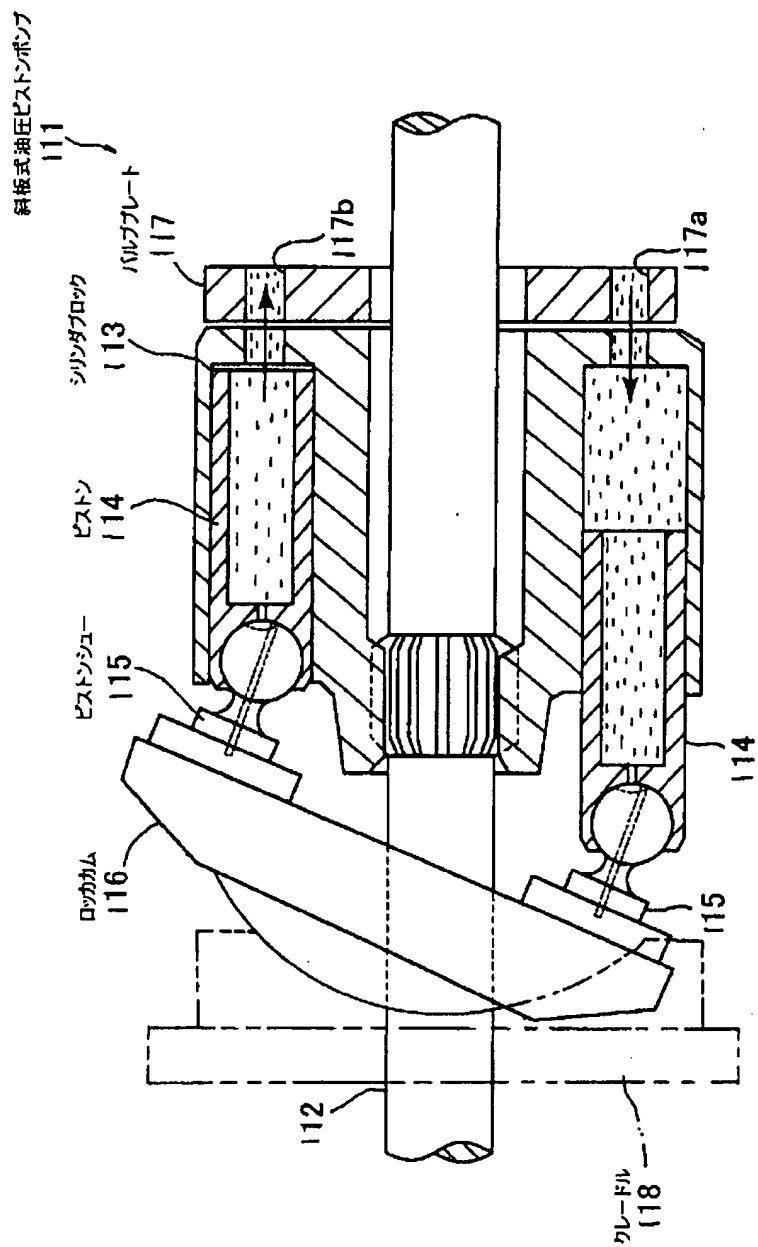


(a)

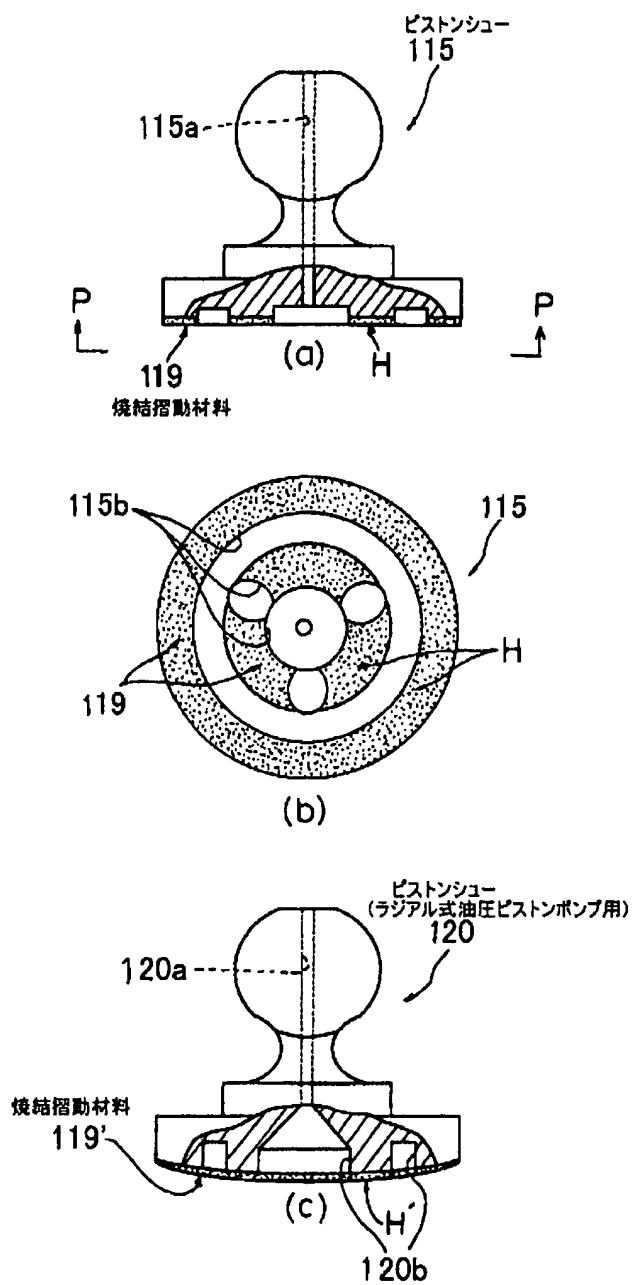


(b)

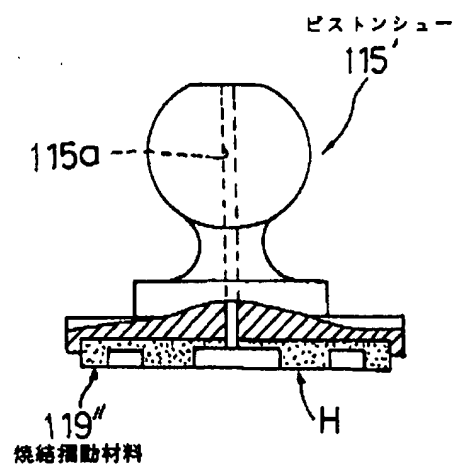
[図20]



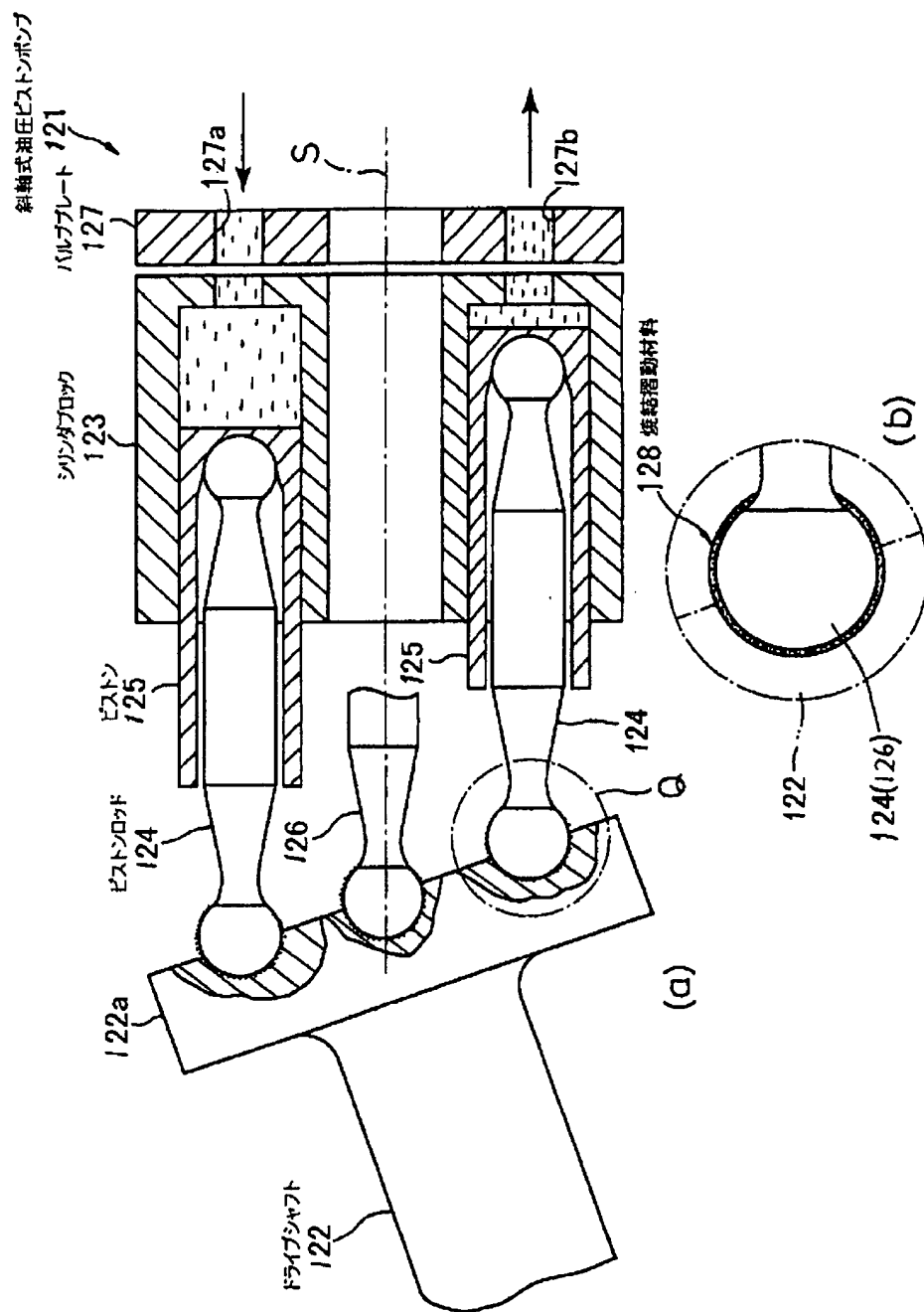
[図21]



[図22]

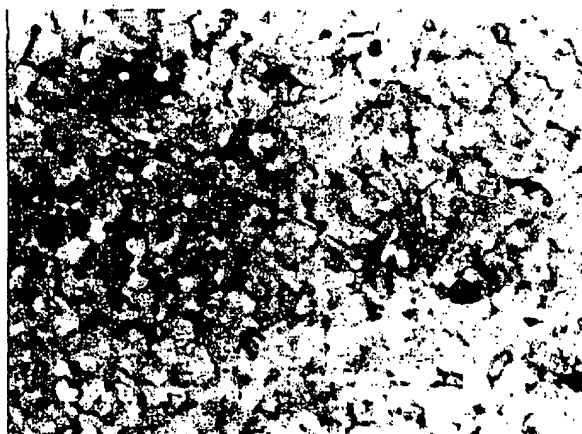


[図23]

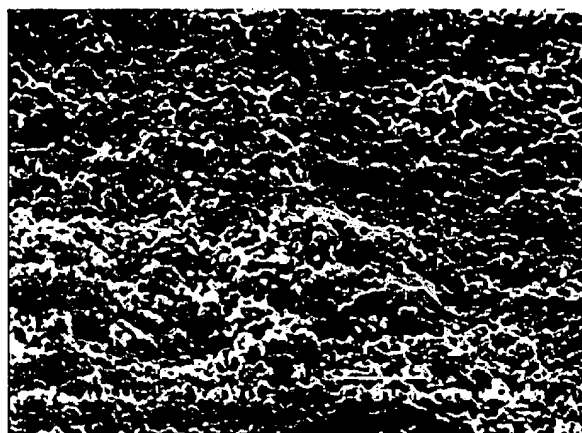


[図24]

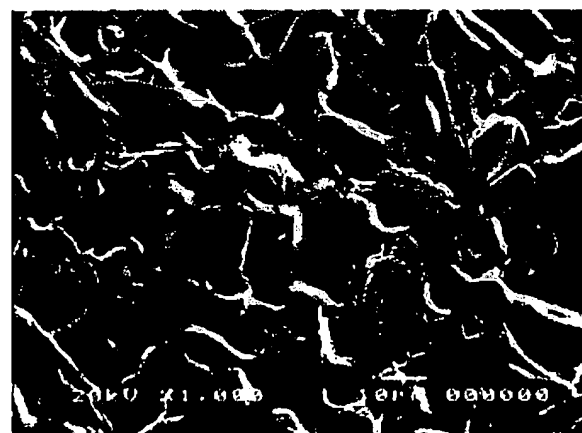
(a)



(b)

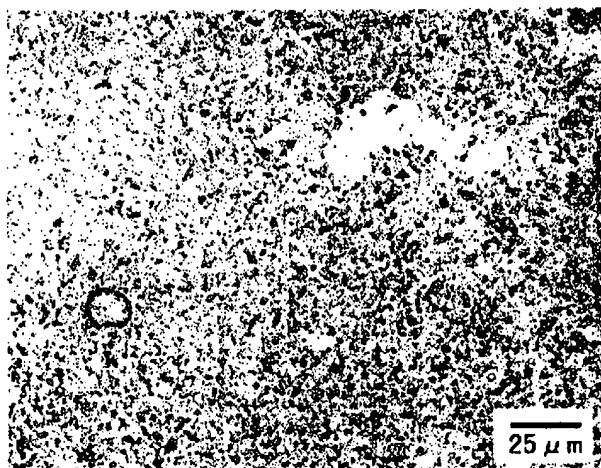


(c)

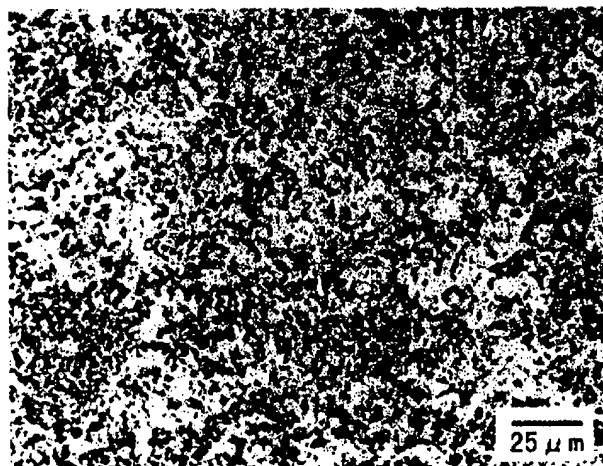


[図25]

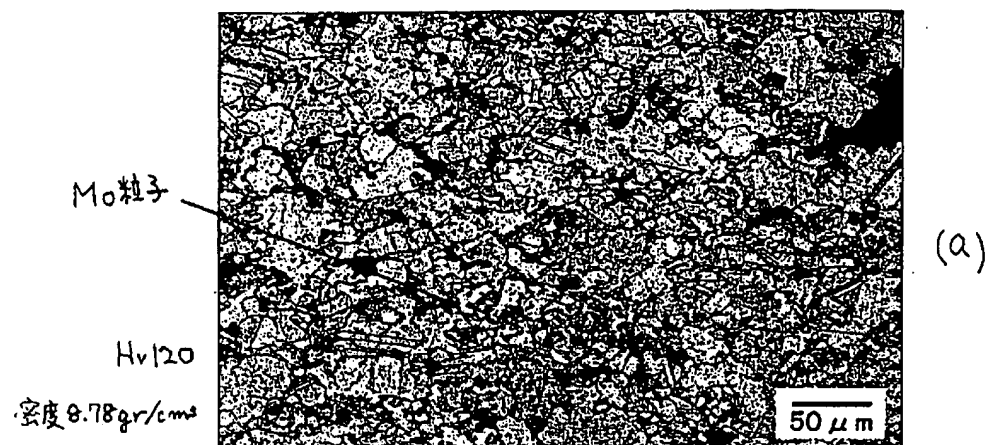
(a)



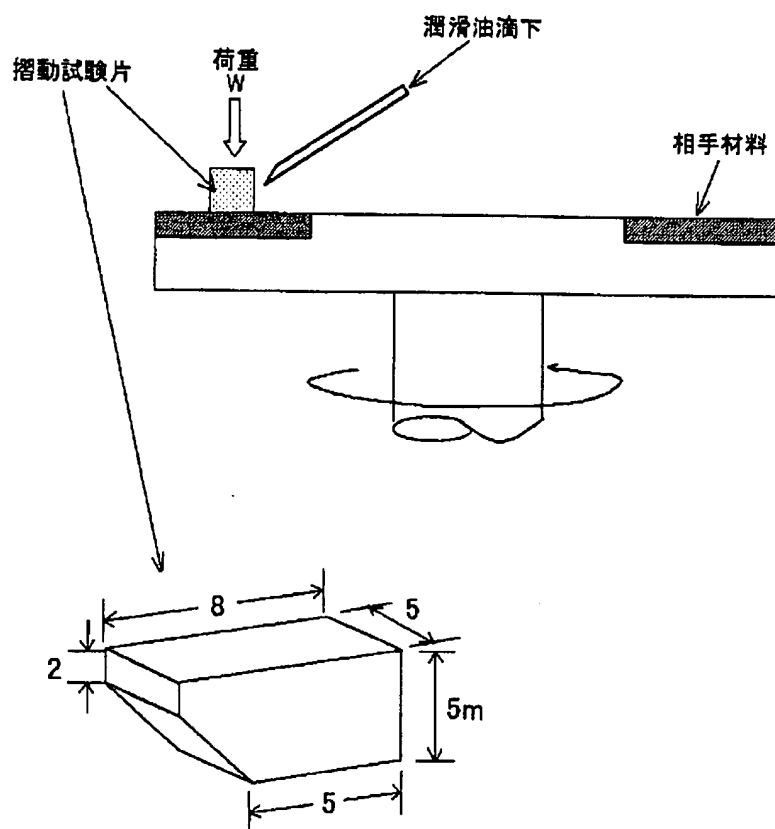
(b)



[図26]



[図27]

**摺動試験条件**

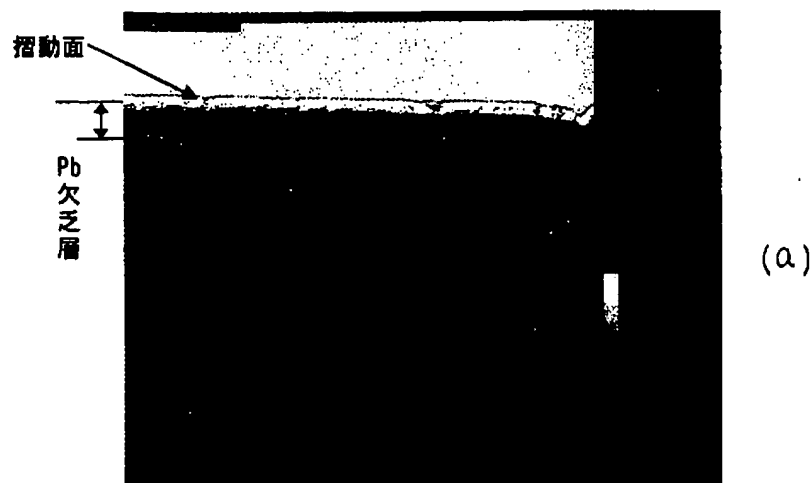
相手材料 : SCM420 浸炭焼入れ焼戻し

表面硬さ : HRC60~62

面粗さ : 3S 以下

潤滑油 : E010番、油量 : $5\text{cm}^3/\text{min}$ (滴下)油温 : 60°C 移動速度 : 10m/sec 、面圧 : $\text{Max } 800\text{kgf/cm}^2$

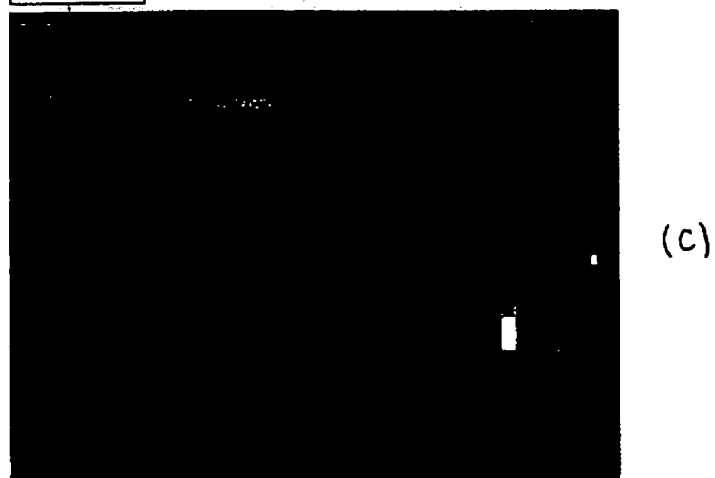
[図28]



組成像

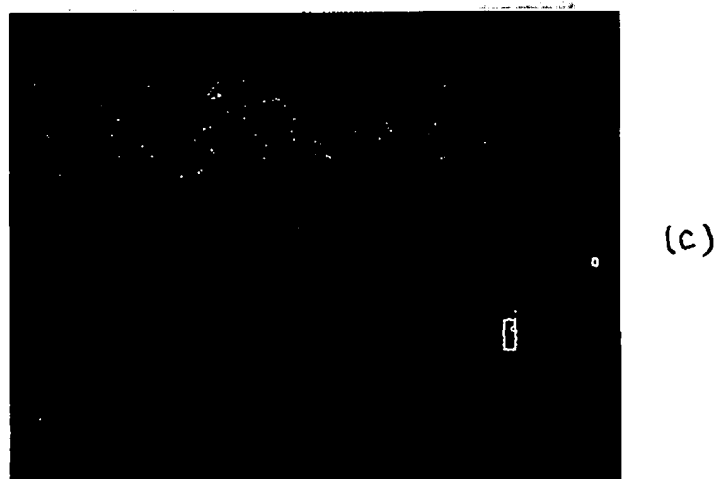
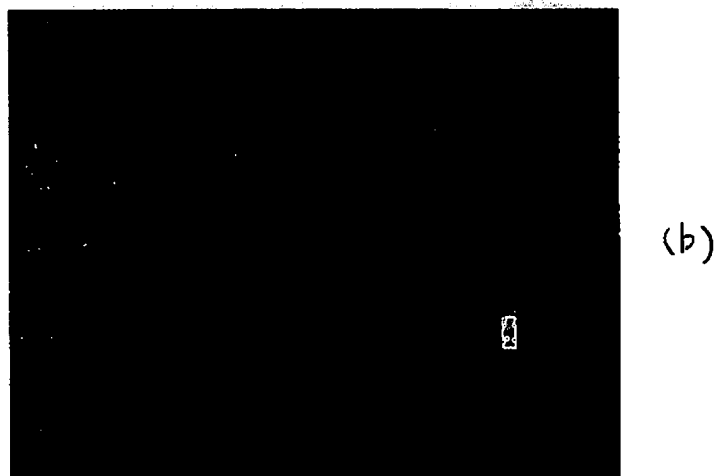
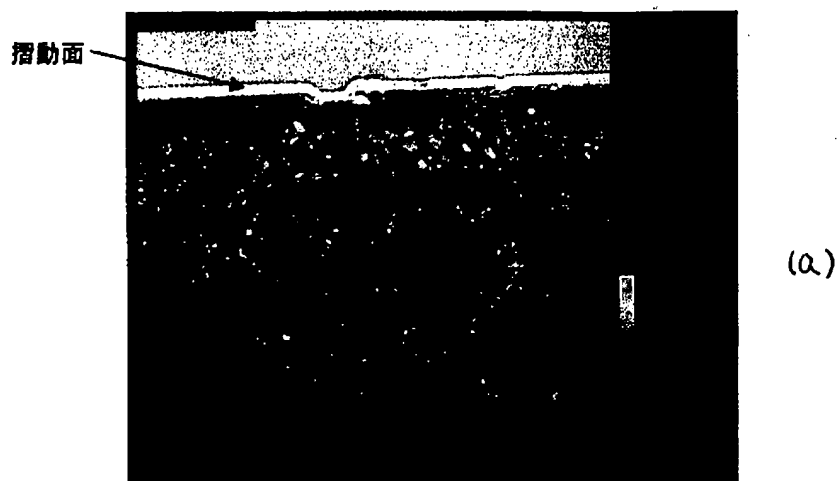


Pbの分布



Feの分布

[図29]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.